Das populäre Magazin für Astronomie und Raumfahrt

Juli/August 2003
€ 6,50 / 12,50 sFr

ASTRONOMIE HEUTE

SKY & TELESCOPE
DEUTSCHE AUSGABE
WWW.ASTRONOMIE-HEUTE.DE

KOSMISCHE STRAHLEN

TEILCHENSCHAUER AUS DEM ALL

Woher stammen die rätselhaften Partikel?

EPSILON ERIDANI
Planetenjagd um ferne Sonnen

TESTREPORT
Sibirischer Geheimtipp TAL 100R

SHUTTLE-ABSTURZ: Ursache geklärt **FAVORIT:** Perseiden **PLANETARIUM:** Mars zum Greifen nah **ASTROFOTOGRAFIE:** Digitale Schnappschüsse

SAKURAIS OBJEKT: Stern mit zwei Leben

D60463
03
4 196046 306506

Reinhard Breuer
Chefredakteur

Von Irdischen und Außerirdischen

Wenn das Wetter mitmacht, sollte es Ende August ein Fest für Beobachter geben: Der Mars steht dann in Opposition und ist der Erde so nah wie erst wieder im Jahr 2035. Aus nur 56 Millionen Kilometern Entfernung (= 0,37facher Erde-Sonne-Abstand) sehen wir den Roten Planeten um den 28. August mehr als doppelt so groß wie sonst und sogar heller als Jupiter bei Opposition! Kleiner Wermutstropfen: Mars steigt in unseren Breiten nur maximal 24 Grad über dem Horizont auf – eine Herausforderung für Camcorder-Spezialisten, die Luftturbulenzen durch Vielfachaufnahmen im Computer auszugleichen (Seite 76)!

Was den Mars nicht nur für Beobachter, sondern auch für Planetologen so spannend macht, ist Wasser, das unter seiner Oberfläche vermutet wird. Wasser: Kaum etwas im Weltall beflügelt die Fantasie so sehr wie dieser Stoff, in dem Frühformen primitiven Lebens entstanden sein könnten.

FOTOS: RICK FIENBERG

Sky & Telescope-Chefredakteur Rick Fienberg mit der Erstausgabe von ASTRONOMIE HEUTE und in seinem Privatobservatorium (mit Schiebedach) bei Boston.

Mehr Aussichten, auf Anzeichen außerirdischer Intelligenz zu stoßen, bietet jedoch die Suche nach künstlichen Signalen und nach Planeten unter fernen Sonnen. Das sind zwei ganz verschiedene Suchprogramme: Künstliche Signale suchen Radioastronomen schon seit 1960 – bislang vergeblich. Nach möglichst erdähnlichen Planeten spähen Astronomen schon lange Zeit. Diese Suche war in den letzten Jahren äußerst erfolgreich (Seite 28).

Keinem Außerirdischen begegnete ich kürzlich bei Sky & Telescope, unserem amerikanischen Mutterblatt in Cambridge bei Boston, sondern einem Team irdischer Astro-Enthusiasten, wie ich sie noch selten erlebt habe. Die meisten Redakteure entpuppten sich als leidenschaftliche Teleskopbauer, Arbeiten mit dem Schweißgerät inklusive. Testredakteur Dennis di Cicco führte mir gleich den Rolls-Royce unter den Teleskopmontierungen vor: das 31 Kilogramm schwere »Paramount BE« mit Deutscher Äquatorialmontierung für zehntausend Dollar – etwas zum Träumen (siehe seinen Bericht im nächsten Heft). Und Rick Fienberg zeigte mir eindrucksvolle Bilder seines Privatobservatoriums nordwestlich von Boston. Bei einem Dorf ohne Straßenbeleuchtung hält der S&T-Chefredakteur mit seinem Meade 12-Zoll LX200 Schmidt-Cassegrain Ausschau nach seinen Lieblingsobjekten am Himmel.

PS: Jetzt gibt es Rick Fienberg übrigens auch am Himmel. Anfang Mai gab die International Astronomical Union dem Asteroiden 9983 den Namen »Rickfienberg« – herzlichen Glückwunsch!

ANZEIGE

INHALT

Astro-News 10
Roboterteleskope, Lichtecho im Einhorn, Feuerball über Chicago u. a.

▶ **Mission Update** 16
Columbia: Panne beim Start, Asteroidensonde Muses-C u. a.

▶ **Das Rätsel der kosmischen Strahlung** 20
Energiereiche Teilchenschauer prasseln auf die Erde

▶ **Planetenjagd bei Epsilon Eridani** 28
Tausende ferner Welten im Visier der Astronomen

▶ **Man stirbt nur zweimal** 36
Sakurais Objekt: Triumphales Comeback eines Überriesen

Kaleidoskop 42
Der Thron Gottes

SKYLINE

Kleinteleskope 44
Nächtliche Teestunde im Schützen

Fokus 46
Deep-Sky-Wunder im Schwan

▶ **Planetarium** 47
Vorbereitung auf die Marsopposition

Sterntafel 50
Der Nachthimmel im Sommer

Feldstechertipp 51
Sternhaufen im Schlangenträger

Deep Sky 52
Duett am Himmel

Schauplatz Mond 54
Die »Südsee« des Erdtrabanten

SZENE

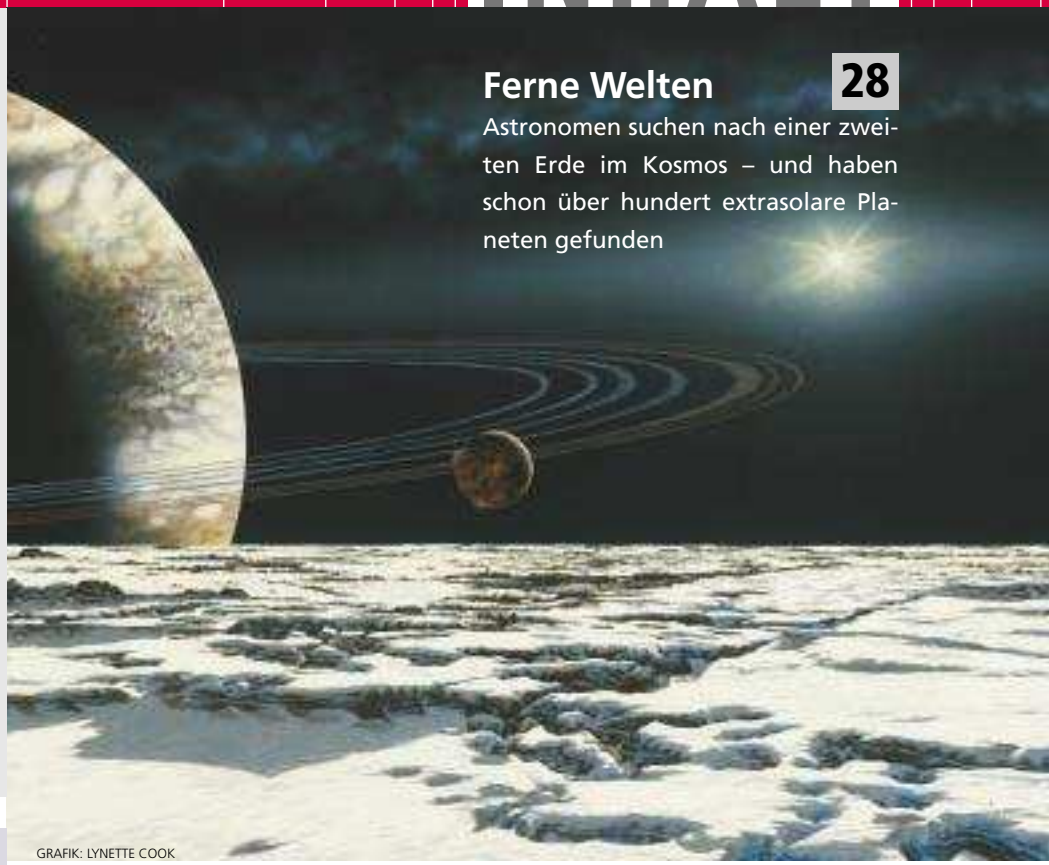
▶ **Mein Favorit am Himmel** 55
Wünsch dir was!

Newcomer 56
Sirko Molau – Meteorfilm ab!

Events 59

Unterwegs 60
Hongkong – Lichter der Großstadt

Kippenhahns Sternstunde 62
Wie groß ist ein Lichtpunkt?



Ferne Welten 28

Astronomen suchen nach einer zweiten Erde im Kosmos – und haben schon über hundert extrasolare Planeten gefunden

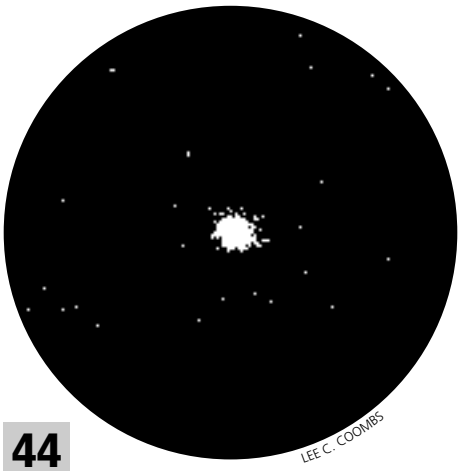
GRAFIK: LYNETTE COOK

Teilchenjets aus dem All

Supernovae, Schwarze Löcher oder Magnetare: Woher stammt die rätselhafte Kosmische Strahlung?

NRAO/AUI

20



LEE C. COOMBS

44

Nächtliche Teestunde

Kugelsternhaufen bei der »Teekanne« durchs Kleinteleskop beobachtet

TOMMY TANG / HKAS

Lichter der Großstadt 60

Amateure in Hongkong jagen am liebsten Sternschnuppen

Titelbild: Kosmische Strahlung löst Teilchenschauer in der Atmosphäre aus. Grafik: Mark Garlick

Die auf der Titelseite angekündigten Themen sind mit ▶ gekennzeichnet

INHALT

TIPPS&TOOLS

- **Testreport** 64
  Bewährter sibirischer Refraktor
- **Glanzlichter** 70
- **Astrofotografie** 76
  Sterne und Planeten digital
- **Teleskoptechnik** 82
  Streulichtblenden selbst bauen
- **Screenshot** 86
  Blick zurück von Alpha Centauri
- **Bücher** 88
  »Sternbeobachtung in der Stadt« u. a.
- **Neuheiten** 90
- **Astronomie Online** 91
  Sternwarten im Internet

- **Editorial** 3
- **Leserbriefe** 8
- **Krupps Corner** 92
  Wenn sich die Sterne verändern
- **Preisrätsel** 96
- **Kleinanzeigen** 96
- **Vorschau / Impressum** 98

CRAIG MICHAEL UTTER

Sibirischer Refraktor 64

Das schlichte Äußere täuscht über innere Qualitäten hinweg. Für die Fangemeinde des russischen Linsenteleskops TAL 100R gibt es jetzt eine überarbeitete Ausführung

GARY HONIS

Sterne auf der Festplatte

Alternative mit vielen Vorteilen: Digitalkameras für die Astrofotografie

Blenden gegen Streulicht 82

Streulicht im Teleskop mindert den Kontrast. Abhilfe lässt sich schnell schaffen

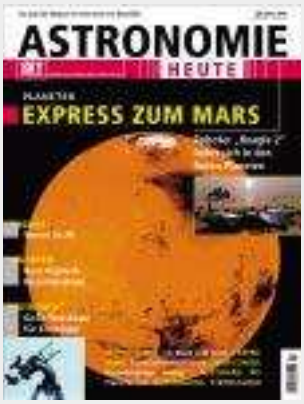
CRAIG MICHAEL UTTER

»THE BOX OF STARS« VON CATHERINE TENNANT (1993)

92 Krupps Corner

Sternbilder verändern sich nie – es sei denn, unerwartet leuchtet ein blasser Stern hell auf. Manchmal erstrahlt der Nachthimmel sogar im Licht einer kosmischen Explosion

Zum Start von ASTRONOMIE HEUTE



Titelbild der Erstausgabe

Ich habe Ihr neues Heft gelesen und bin begeistert. Nachdem der Markt der Astronomiezeitschriften fest gefügt schien, weiß man jetzt, welche Publikation bisher noch gefehlt hat. Besonders angesprochen hat mich der Aufsatz über Arthur C. Clarke. So habe ich sein Buch »The Exploration of Space« wieder einmal zur Hand genommen. Wie haben sich die Ansichten dieses Visionärs bestätigt!

Wilhelm Kegel
Dresden

Nachdem ich nun bereits mehr als dreißig Jahre Sky & Telescope-Leser bin, freut es mich ganz besonders, denselben Stil und Inhalt auch in deutscher Sprache genießen zu können. Selbstverständlich haben wir an der Sternwarte schon ein Abo von ASTRONOMIE HEUTE.

Günther Eder
Sternwarte St. Sebastian
in Mariazell/Österreich

Mit großem Interesse habe ich wieder die neueste Ausgabe von ASTRONOMIE HEUTE gelesen. Wie schon bei der ersten Zeitschrift war ich begeistert. Ich bin überzeugt, wenn die Zeitschrift dieses Format behält, wird sie bei vielen Astro-Fans einen festen Platz im Astro-Leben einnehmen. Besonders gefällt mir das weite Spektrum der Zeitschrift, mit vielen Beobachtungstipps, praxisbezogenen Artikeln zur Beobachtungstechnik, aber auch Artikeln zum internationalen Raumfahrtprogramm und zu neuen Erkenntnissen in der Forschung.

Frank Berger
Klipphausen

Der Inhalt ist zum einen sehr ähnlich wie Sky & Telescope (ist ja gewollt) und zum anderen jedoch zu sehr vereinfacht. Hinzu kommt, dass mancherlei Tipps eben typisch auf US-amerikanische Verhältnisse bezogen sind und sich deshalb nicht 1:1 auf »Old Germany« übertragen lassen.

Klaus-Dieter Kalauch, Lößnitz

Ganz dickes Lob! ASTRONOMIE HEUTE ist für mich die beste Astro-Zeitschrift, die auf dem Markt ist. Insbesondere lässt sie auch Anfänger nicht »dumm sterben«, da Fachbegriffe sofort im Glossar erklärt werden! Weiter so!!!

Helmut Edthaler, Freilassing

Verzichten auf die bemannte Raumfahrt?

Editorial, AH März/April 2003

Sehr schade, dass in der deutschen Ausgabe von Sky & Telescope nicht der Pioniergeist von Carl Sagan dominieren wird!

Claus Beinroth
per E-Mail

Der Schluss Ihres Begrüßungsartikels hat mich sehr entsetzt. Gerade in Ihrer Zeitschrift muss ich lesen, dass man besser auf bemannte (befraute) Raumfahrt verzichten sollte. Nicht zuletzt die zukünftigen Bedingungen in unserem Sonnensystem werden die Menschheit zwingen, das All zu besiedeln.

Martin Paech
per E-Mail

Die ISS ist momentan die einzige Rechtfertigung für die bemannte Raumfahrt. Die endlos steigenden Kosten für den Unterhalt der Station laufen den verwertbaren Ergebnissen davon. Selbst die unbemannte Raumfahrt bleibt von Fehlschlägen (siehe Ariane-Start und Marssonden der letzten Jahre) nicht verschont. Nichts ist Routine, am wenigsten bei der bemannten Raumfahrt. Kostengünstig ist und bleibt die unbemannte Raumfahrt; die ist schon kostspielig genug.

Dietmar Daun
Bottrop

Briefe an die Redaktion ...

... sind willkommen!

Schreiben Sie an:
ASTRONOMIE HEUTE
Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg
Fax: (06221) 9126-769
E-Mail: ah@spektrum.com

Wir behalten uns vor, Leserbriefe gekürzt zu veröffentlichen.

Feldstecher im Eigenbau

Kleines Feldstecher-Abc, AH März/April 2003, S. 76

Habe gerade euer neues Heft gelesen. Das habt ihr prima gemacht! Ich werde es abonnieren. Eine Frage hätte ich: Auf Seite 76 wird das von Alan Adler gebaute Feldstecherstativ gezeigt. Könntet ihr nicht eine Konstruktionszeichnung veröffentlichen?

Ronald Nowosad
per E-Mail

Antwort der Redaktion:
Leider gibt es keine Konstruktionszeichnung, doch auf Anfrage senden wir unseren Lesern gerne weitere Detailfotos des Stativs per E-Mail zu.

Mir ist auf Seite 76 bei der Umrechnung des Gesichtsfelds von Grad in Meter eine Unstimmigkeit aufgefallen. Nach der Beziehung Faktor F = 1000 Meter $2\pi/360$ Grad erhält man nämlich anstelle des im Text angegebenen Wertes von 15,97 den Wert 17,45 Meter pro Grad. Offensichtlich gilt der Wert 15,97 für eine Entfernung von 1000 Yards, das sind 914,4 Meter.

Friedrich Braun
Nürnberg

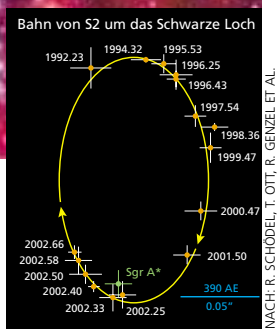
Kepler und die Schwarzen Löcher

Rasender Riesenstern ..., AH März/April 2003, S. 10

Wir, die Klasse 11b der Heimschule Kloster Wald, kamen im Physikunterricht zu der Erkenntnis, dass Ihnen in dem Artikel über die Bahn von S2 um das Schwarze Loch ein Fehler unterlaufen ist. Mit Hilfe des Dritten Kepler'schen Gesetzes ($a^3/T^2 = \gamma M/4\pi^2$) haben wir eine Masse von $4{,}596\times10^{35}$ Kilogramm ermittelt, das sind 0,23 (statt 2,6) Millionen Sonnenmassen.

Katja Schneider
und Laura Ernstberger
von der Heimschule Kloster Wald

R. SCHÖDEL, T. OTT, R. GENZEL ET AL. / ESO



NACH: R. SCHÖDEL, T. OTT, R. GENZEL ET AL.

Das 3. Kepler'sche Gesetz

reicht nicht aus, um die Masse des Schwarzen Lochs im Zentrum unseres Milchstraßensystems zu berechnen.

Antwort der Redaktion:
Um das Kepler'sche Gesetz anzuwenden, habt ihr vermutlich die Länge der Halbachse (a) aus unserer Grafik abgelesen. Allerdings ist die Ellipse um 46 Grad gegen die Himmelsebene geneigt, wie uns Rainer Schödel vom Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik in Garching mitteilte. Wir sehen also nur eine Projektion der Umlaufbahn, die die wahren Entfernungen verkürzt wiedergibt. Der korrekte Wert für a lautet 0,015 Lichtjahre, damit ergibt sich die Gesamtmasse innerhalb der elliptischen Bahn zu 3,7 Millionen Sonnenmassen. Dazu trägt aber nicht nur das Schwarze Loch bei, sondern auch weitere Sterne zwischen ihm und S2. Deren Massen wurden durch Helligkeitsmessungen bestimmt und von der Gesamtmasse abgezogen. Übrig bleibt ein Schwarzes Loch von 2,6 Millionen Sonnenmassen.

Kollision mit dem Andromedanebel

Ihre Zeitschrift finde ich äußerst lehrreich und unterhaltsam zugleich. Macht weiter so!!! Bei dieser Gelegenheit habe ich noch Fragen. Aus TV-Sendungen weiß ich, dass sich das Universum noch ausdehnt und sich die Galaxien dabei voneinander entfernen. Gleichzeitig besagt eine Theorie, dass die benachbarte Andromedagalaxie in vier bis fünf Milliarden Jahren mit unserer Milchstraße kollidiert. Ist also die Geschwindigkeit, mit der sich beide Galaxien »begegnen«, größer als die Geschwindigkeit, mit der sich das Universum ausdehnt? Und könnte es sein, dass die Ausdehnung des Universums auch mal zum Stillstand kommt?

Rainer Stütz
Völkershausen

Antwort der Redaktion:
Der Raum zwischen den Galaxien und damit das Universum dehnt sich tatsächlich aus, und zwar um 71 Kilometer pro Sekunde pro Megaparsec. Die Massenanziehung zwischen unserem Milchstraßensystem und der nur 700 Kiloparsec (rund 2,2 Millionen Lichtjahre) entfernten Andromedagalaxie überwiegt diesen Effekt aber, sodass sich die beiden Galaxien letztlich mit 119 Kilometern pro Sekunde einander annähern. Was die Expansion des Kosmos betrifft, neigen die meisten Forscher mittlerweile zu der Ansicht, dass sie sich sogar beschleunigt. Dies fanden 1998 zwei Forschergruppen unabhängig voneinander heraus, als sie weit entfernte Supernovae untersuchten und feststellten, dass die Expansion früher langsamer vonstatten ging. Leider haben wir in AH Mai/Juni 2003 (»Nachrichten aus dem jungen Universum«, S. 8) etwas anderes behauptet.

ANZEIGE

SCHWARZE LÖCHER

Steigen Mittelgewichtler in den kosmischen Ring?

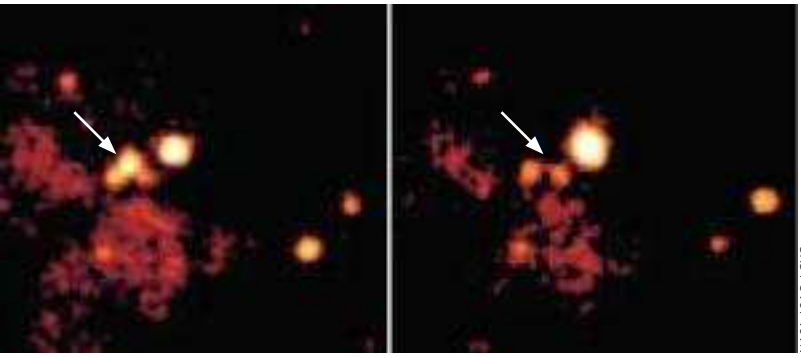
Schwarze Löcher im Weltall wurden bislang nur in zwei Gewichtsklassen aufgespürt. »Überschwere Schwarze Löcher« bringen Millionen bis Milliarden von Sonnenmassen auf die Waage und werden in den Zentren der meisten Galaxien vermutet. Das untere Ende der Gewichtsskala belegen »stellare Schwarze Löcher«. Sie entstehen bei der Explosion eines Sterns, einer Supernova, und sind meist nur fünf- bis zehnmal schwerer als unsere Sonne.

Seit einigen Jahren versuchen Wissenschaftler, auch »Mittelgewichtler« von einigen hundert bis einigen tausend Sonnenmassen aufzuspüren und untersuchen dazu besonders helle Röntgenquellen (ULXs, »ultraluminous X-ray sources«). Einige Forscher führen deren Leuchtkraft auf stellare Schwarze Löcher zurück, die Röntgenlicht gebündelt zur Erde senden. Andere behaupten, die Helligkeit der ULXs sei die Folge einer ungewöhnlich großen »Akkretionsscheibe« um ein Objekt mit mehreren tausend Sonnenmassen. Darin sammeln sich Gase, die stark erhitzt werden und Röntgenlicht aussenden, wenn sie spiralförmig auf das Schwarze Loch zustürzen.

Jon Miller vom Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics maß die auffallend niedrige Temperatur von einer Million Grad Celsius in den Akkretionsscheiben zweier ULXs in NGC 1313. Er sieht dies als Hinweis, dass es auch Schwarze Löcher mit rund tausendfacher Sonnenmasse gibt. Um kleinere Exemplare herum wären zehnfach höhere Temperaturen zu erwarten, denn Materie stürzt auf stärker gekrümmten Spiralen in deren Zentrum und erhitzt sich dabei auch stärker.

Erhärtet wird dieses Resultat durch eine Studie von Nasa-Forscher Tod Strohmayer. Er wies an einer ULX in M 82 nach, dass deren Akkretionsscheibe keinen gebündelten Röntgenstrahl aussenden kann. Auch hinter dieser ULX verbirgt sich wohl ein Mittelgewicht mit rund 500 Sonnenmassen. >> tk

Die innersten 4000 Lichtjahre **der Galaxie M 82 im Röntgenlicht. Die markierte Region (links) verriet sich unter anderem deshalb als Schwarzes Loch, weil sie binnen nur dreier Monate radikal ihre Helligkeit veränderte (rechts).**



NASA / SAO / CXC

NASA, ESA UND H.E.BOND / STSCI

STERNAUSBRUCH

Lichtecho im Einhorn

Ein spektakuläres Ereignis geriet dem Weltraumteleskop Hubble im Sternbild Einhorn (»Monoceros«) vor die Linse. Der Stern V838 Monocerotis (V838 Mon) wurde innerhalb weniger Tage zehntausend Mal heller als gewöhnlich und überstrahlte für kurze Zeit alle anderen Sterne des Milchstraßensystems. Anschließend wurde ein ungewöhnliches »Lichtecho« sichtbar: Staubwolken, die den Stern schon vor dem Ausbruch umgaben, reflektierten das Sternlicht zur Erde hin, sodass es verzögert gegenüber den auf direktem Wege eintreffenden Strahlen ankam. Zwischen

PLANETENFORSCHUNG

Auch Saturn hat einen neuen Mond

Die Entdeckung eines neuen Saturnmonds melden die amerikanischen Astronomen Scott Sheppard und David Jewitt von der University of Hawaii. Die beiden Forscher haben in diesem Jahr bereits 18 neue Jupitermonde aufgespürt. Der letzte neue Mond um Saturn war dagegen vor drei Jahren gefunden worden. Die Zahl der Trabanten des Planeten mit den wunderschönen Ringen steigt damit auf 31.

Sheppard und Jewitt haben den neuen Mond auf Bildern des 8,3 Meter großen Subaru-Teleskops entdeckt, die sie am 5. Februar gemacht hatten. Weitere Beobachtungen mit einem kleineren Teleskop bestätigten, dass sich der neue Himmelskörper auf einer Umlaufbahn um den Saturn befindet. Am 8. April bestätigte die Internationale Astronomische Union IAU dann die Entdeckung des neuen Saturnmonds und gab ihm die vorläufige Bezeichnung S/2003 S1.

Der neue Mond umkreist den Saturn auf einer rückläufigen (»retrograden«) Umlaufbahn, also entgegen der normalen Bewegungsrichtung im Sonnensystem. Sein Durchmesser beträgt nach Angaben der Astronomen etwa acht Kilometer.

>> Rainer Kayser

►► **Erstmals direkter Zusammenhang zwischen Supernova und Gammastrahlenblitz nachgewiesen +++++**

Diese und andere Meldungen finden Sie unter: www.wissenschaft-online.de/astronomie

Spektakuläre Lichtechos aus dem Sternbild Einhorn täuschen eine gigantische Explosion vor. Tatsächlich aber werden nacheinander immer weiter außen liegende Regionen der Staubhülle von Lichtwellen angestrahlt.

den jeweils einige Wochen auseinander liegenden Aufnahmezeitpunkten (Fotos von links nach rechts) bewegte sich das Licht fort und wurde von immer weiter außen liegenden Staubkörnern reflektiert – so entsteht der täuschende Eindruck, diese würden explosionsartig ins All schießen. Dies war das erste Mal, mit Ausnahme der Supernova SN1987A, dass Lichtechos von Material in der direkten Umgebung eines Sterns erzeugt wurden. In allen anderen Fällen wurde das ohnehin seltene Phänomen von Gas und Staub in der Sichtlinie verursacht.

Tatsächlich aber, und dies gibt den Astronomen Rätsel auf, ist der Ausbruch des Sterns weder mit Novae noch Supernovae zu vergleichen. Während diese riesige Gasmengen ins All schleudern, verlor V838 Mon kaum Materie. Stattdessen blähte er sich enorm auf und verwandelte sich in einen kühlen Überriesen, der – wäre er am Platz unserer Sonne – selbst über Jupiter hinausreichte.

Zudem scheint es, als handele es sich bei V838 Mon um ein Doppelsternsystem. Howard Bond vom Space Telescope Science Institute (STScI) in Baltimore, USA, der vor kurzem in »Nature« über den Stern berichtete, will nun untersuchen, ob der beobachtete Ausbruch mit einer Explosion auf einem ihn umkreisenden Weißen Zwerg erklärt werden kann. >> tk

METEORE

Feuerball über Chicago

Halb so hell wie die Sonne sei er gewesen, berichtete ein Augenzeuge im Fernsehen: Gegen Mitternacht vom 26. auf den 27. März zog ein greller Meteor, ein so genannter »Bolide«, über die US-Bundesstaaten Indiana, Michigan und Illinois hinweg und explodierte schließlich über Chicago. Er hatte ungefähr die Masse eines VW-Käfer. Rund fünfhundert Trümmerstücke regneten über den südlichen Vororten der Millionenstadt herab. Zahlreiche Häuser und Autos wurden beschädigt, Menschen kamen jedoch nicht zu Schaden.

»Es war ein kleiner Felsbrocken aus dem All, vielleicht ein oder zwei Meter groß«, erklärt Bill Cook vom Marshall Space Flight Center der Nasa. Die Trümmerstücke des Meteoriten verteilen sich über ein rund zehn Kilometer großes Gebiet. Wissenschaftler durchkämmen nun die gesamte Region auf der Suche nach den bis zu handballgroßen Teilen des Trumms aus dem All.

Solche Ereignisse sind nicht selten. »Rund vierzigmal pro Jahr trifft ein Asteroid mit einer Größe von einem Meter oder mehr auf die Erdatmosphäre«, erklärt Donald Yeomans vom »Near Earth Object«-Programms der Nasa (Neo), das nach Himmelskörpern sucht, die mit der Erde kollidieren könnten.

>> Rainer Kayser

WWW.ABC7CHICAGO.COM

Größer als ein Baseball ist dieses Trümmerstück, das der Polizist in die Fernsehkameras hält. Es schlug im Schlafzimmer eines Ehepaars ein (oben), das mit dem Schrecken davon kam. Die Mehrheit der Meteore fällt unbemerkt in die Ozeane oder schlägt in unbewohnten Gebieten auf.

Erfolgreicher Start der Galex-Satellit zur Erforschung des jungen Kosmos +++++ So sähe man die Erde vom Mars aus >

EXOPLANETEN

Mit dem Amateurfernrohr auf Planetenjagd

Ein neues Verfahren zum Nachweis extrasolarer Planeten testet das Deutsche Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR) in Berlin-Adlershof. Bei der so genannten Transitmethode (siehe »Planetenjagd bei Epsilon Eridani«, S. 28) werden Sterne auf kurzzeitige Lichtabschwächungen (»Dips«) hin untersucht, die den Vorübergang eines Planeten vor der Sternscheibe (»Transit«) verraten.

In sternklaren Nächten prüft ein 20-Zentimeter-Schmidt-Cassegrain-Teleskop die Helligkeit von rund 30 000 Sternen in ausgewählten Himmelsregionen. Etwa zehn Prozent von ihnen werden genau genug erfasst, um den geringen Lichtabfall während eines Transits nachweisen zu können. »Die zu hellen Exemplare fallen wegen Überbelichtung heraus. Bei sehr leuchtschwachen Sternen macht der Himmelshintergrund den Nachweis quasi zunichte«, so Heike Rauer, die beim DLR für das Projekt zuständig ist.

Zu Hause ist das »Transitteleskop« momentan an der Thüringer Landessternwarte in Tautenburg. Ein Standort mit günstigeren Wetterbedingungen und geringerer Lichtverschmutzung wird jedoch noch gesucht.

DLR

Das Transitteleskop, mit dem auch schon Amateurastronomen nach Planeten suchten

Tagsüber analysiert eine Software die in der Nacht gewonnenen Messdaten auf Dips in den Lichtkurven von Sternen. Ein typischer Planet, den die DLR-Forscher mit der Methode finden können, hat etwa Jupitergröße und umkreist seinen Heimatstern auf einer extrem engen Bahn. »Wir suchen Planeten, die nur wenige Tage für einen Umlauf benötigen. So sind die Chancen für eine Beobachtung höher. Der eigentliche Vorübergang solcher Planeten vor der Sternscheibe dauert typischerweise drei oder vier Stunden«, so Rauer.

Grundsätzlich ist die Transitmethode auch zum Nachweis kleinerer erdähnlicher Planeten geeignet, »doch dazu müssen wir ins Weltall«, kommentiert die Forscherin mit Blick auf zukünftig geplante Missionen.

Können künftig also auch Hobbyastronomen von der heimischen Terrasse aus auf Planetenjagd gehen? Heike Rauer bleibt skeptisch. Denn auch wenn das DLR-Teleskop noch zur Amateurklasse gehört, dürften die beträchtlichen Kosten des Fotometers einer größeren Verbreitung im Wege stehen. Trotzdem hat das DLR, so die Wissenschaftlerin, bei der Suche nach Exoplaneten bereits mit Amateuren kooperiert: Nach Anleitung durch DLR-Mitarbeiter betreuten österreichische Sternfreunde Beobachtungen am Transitteleskop in Tautenburg.

>> Thorsten Dambeck

SUPRA-NOVA-MODELL

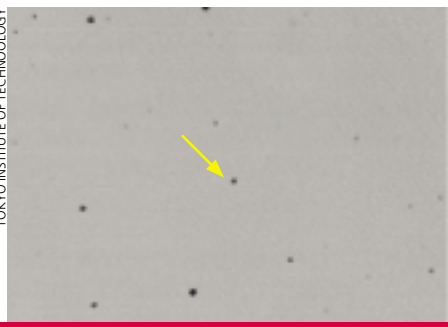
Erst die Supernova, dann der Gammablitz

Gammastrahlenausbrüche (GRBs) sind die energiereichsten Phänomene im All. Endlich fanden Forscher deutliche Hinweise darauf, wo ihr Ursprung liegen könnte. Nachdem das Nasa-Röntgenobservatorium Chandra im August 2002 über 21 Stunden lang das Nachglühen eines solchen Ausbruchs namens GRB 020813 vermessen hatte, offenbarte dessen Spektrum ein Übermaß an Silizium und Schwefelionen – Atome, die auch für Supernova-Ausbrüche charakteristisch sind.

Damit scheint der schon länger vermutete Zusammenhang zwischen Supernovae und GRBs bestätigt worden zu sein. Laut Nathaniel Butler vom Massachusetts Institute of Technology in Cambridge, USA, unterstützt seine Entdeckung das »Supra-Nova-Modell« für GRBs. Dabei stürzt ein massereicher Stern in sich zusammen und sprengt seine äußeren Schichten ab. So entsteht ein Schwarzes Loch, um das eine »Akkretionsscheibe« aus Materie herumwirbelt. Das System aus Loch und Scheibe erzeugt schließlich – im Fall von GRB 020813 rund sechzig Tage später – einen energiereichen Teilchenstrahl (siehe auch »Schnelle Roboterteleskope ...«, S. 14). Durch diesen »Jet« laufen Schockwellen und erzeugen dabei Gammastrahlen. Unverstanden bleibt die Dauer der Zeitspanne zwischen der Entstehung des Schwarzen Lochs und dem Gammablitz.

Für manche GRBs kommen als Ursache auch Kollisionen von Neutronensternen oder Schwarzen Löchern in Frage (siehe AH Mai/Juni 2003, S. 8). Thomas Matheson vom Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics in Cambridge, USA, behauptet allerdings: »Alle GRBs könnten mit dem Ausbruch von Supernovae zusammenhängen, nur dass Letztere manchmal zu schwach leuchten, um beobachtbar zu sein.« Mathesons Untersuchungen des Lichts von GRB 030329 vom 29. März diesen Jahres wiesen ebenfalls Muster auf, die typisch für Supernovae sind. >> tk

www.hp.phys.titech.ac.jp/nkawai/030329/index_e.html



TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Das Nachglühen des zwei Milliarden Lichtjahre entfernten GRB 030329 war so hell, dass es sogar mit einem 30-cm-Teleskop zu sehen war.

> Mars Express: Esa verkündet Starttermin +++++ Russland und USA verhandeln über Internationale Raumstation

Diese und andere Meldungen finden Sie unter: www.wissenschaft-online.de/astronomie

HELIXNEBEL

Schöner Tunnelblick

Auch Astronomen haben einen Sinn für Schönheit: Aus Anlass des »Astronomy Day« am 10. Mai kombinierten Sternforscher neun verschiedene Aufnahmen des Helixnebels (NGC 7293) zu einem besonders gelungenen Bild. So entstand eine der vielleicht detailreichsten Aufnahmen, die je mit dem Hubble-Weltraumteleskop gewonnen wurde. Sie bietet einen atemberaubenden Blick in einen viele Milliarden Kilometer langen Tunnel aus glühenden Gasen. Tausende kometenähnliche Filamente am inneren Rand des Nebels deuten auf den extrem heißen, weißen Zwergstern in dessen Mitte. Mit einer Entfernung von gerade mal 650 Lichtjahren liegt dieser Planetarische Nebel quasi vor unserer Haustür. Planetarische Nebel entstehen in der letzten Lebensphase von Sternen wie unserer Sonne, wenn sie sich aufblähen und einen Teil ihrer äußeren Hülle ins All abstoßen. >> sf

ESA

LEBEN IM ALL

Kandidaten für extraterrestrischen Funkverkehr

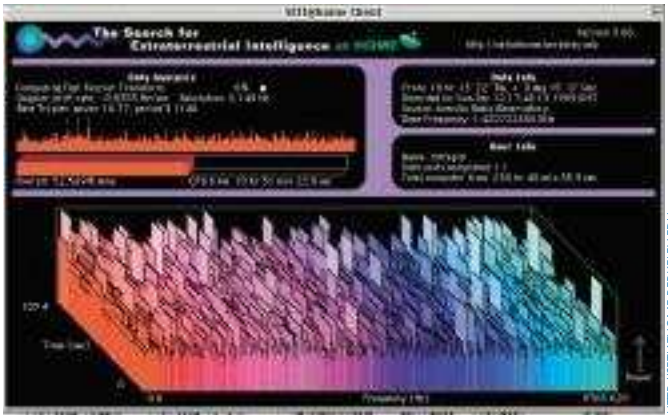
Über vier Millionen Computerbenutzer in aller Welt beteiligen sich seit 1999 am Projekt »Seti@home« (Search for Extra-Terrestrial Intelligence at Home) zur Suche nach Radiosignalen außerirdischer Zivilisationen. Wie Jill Tarter, die Direktorin des Seti-Instituts, auf einer Fachtagung in Heidelberg den Experten erläuterte, beobachten Forscher mit der dreihundert Meter großen Arecibo-Radioantenne in Puerto Rico die 150 Kandidaten, die das Projekt bislang geliefert hat, um sie erneut zu überprüfen. Alle Kandidaten zeichnen sich dadurch aus, dass mehrfach von derselben Himmelsposition und im gleichen Frequenzbereich starke Radiosignale empfangen wurden. Dan Werthimer, wissenschaftlicher Leiter von Seti@home und einer der Beobachter, dämpft gleichwohl die Hoffnungen: »Ich denke, die Chance, dass eines dieser Signale tatsächlich von Außerirdischen stammt, liegt bei 1 : 10 000.«

Das Seti-Forschungsprogramm erlangte durch »Contact«, den Roman des Astronomen und Fernsehmoderators Carl Sagan, große Aufmerksamkeit. Diese stieg rapide an, als das Buch mit Jodie Foster verfilmt wurde. Seti@home macht sich diese Popularität zu Nutze und spannt die überschüssigen Kapazitäten von Computern auf der ganzen Welt für die Datenauswertung ein. Teilnehmer installieren auf ihrem Rechner einen Bildschirmschoner, der immer dann startet, wenn der PC oder die Workstation nicht benutzt wird. Das Programm lädt häppchenweise Beobachtungsdaten der Seti-Forscher aus dem Internet, analysiert sie und schickt die Ergebnisse zurück an die Zentrale an der University of California in Berkeley.

Inzwischen haben sich 4,3 Millionen User an dem Projekt beteiligt, über eine Million Jahre Computerzeit wurden bisher für die Analyse der Radiosignale aufgewendet. »Es ist die größte Computerberechnung, die jemals durchgeführt wurde«, erklärt Projektchef David Anderson stolz. Seti@home war das erste Vorhaben, bei dem das so genannte »distributed computing« – auf Deutsch etwa: verteiltes Rechnen – von einer Vielzahl von Computerbesitzern unterstützt wurde.

>> Rainer Kayser

http://setiathome.berkeley.edu



HTTP://SETIATHOME.BERKELEY.EDU

Seti@home arbeitet im Hintergrund **oder als Bildschirmschoner und nutzt so die Zeit, in der Computer zwar laufen, aber nicht anderweitig beschäftigt sind.**

+++++ Forschungssatellit BeppoSax ins Meer gestürzt +++++ Nasa wählt Landestellen für Mars-Mission aus >

Die innere glühende Wolke umgeben von der äußeren Schockwelle

NASA

CHANDRA

Röntgenstrahlung entlarvt Supernova

Vor einigen tausend Jahren gab es im südlichen Sternbild Goldfisch (»Dorado«, im Deutschen auch oft als Schwertfisch übersetzt) eine Supernova mit der Bezeichnung DEM L71. Neue Beobachtungen des von dieser kosmischen Katastrophe übrig gebliebenen Planetarischen Nebels zeigen nun, dass dort damals ein Weißer Zwergstern explodierte. Mithilfe des Röntgensatelliten »Chandra« gelang es amerikanischen Forschern erstmals, die chemische Zusammensetzung der von der Sternexplosion davon geschleuderten Gaswolke zu analysieren.

Die Astronomen unterscheiden mehrere Arten von Supernovae. Beim Typ II explodieren Sterne mit mehr als acht Sonnenmassen, beim Typ Ia sind es Weiße Zwerge, die mit einem weiteren Stern ein Doppelsystem bilden. Wenn der Partnerstern sich gegen Ende seines Lebens aufbläht, saugt der Zwerg die äußeren Schichten des Riesen auf. Irgendwann hat sich auf dem Zwergstern so viel Materie angesammelt, dass er dem Gewicht nicht mehr standhalten kann und von einer gewaltigen nuklearen Explosion zerfetzt wird. Mit Chandras Instrumenten können die Astronomen nun bei Supernova-Überresten (»Supernova-Remnants«, SNR) ermitteln, um welchen Explosionstyp es sich gehandelt hat.

DEM L71 befindet sich in rund 180 000 Lichtjahren Entfernung in der Großen Magellan'schen Wolke, einer Satellitengalaxie unserer Milchstraße. Die Röntgenbilder von Chandra lassen eine doppelte Schockfront erkennen: Die bei der Explosion ins All geschleuderte Materie löst eine erste Druckwelle aus, die sich im interstellaren Gas nach außen ausbreitet und dieses Gas dabei aufheizt. Zugleich entsteht eine zweite, nach innen laufende Schockfront, die das ausgeworfene Material ein zweites Mal kräftig aufheizt. Die Chandra-Beobachtungen zeigen, dass insgesamt rund eine Sonnenmasse bei der Explosion ins All geschleudert wurde. Die chemische Zusammensetzung des Materials belegt außerdem, dass es sich um einen Weißen Zwerg gehandelt haben muss.

>> Rainer Kayser

http://chandra.harvard.edu/photo/2003/deml71/

GAMMASTRAHLENAUSBRÜCHE

Schnelle Roboterteleskope sehen Nachglühen

Wenn irgendwo im Kosmos ein gewaltiger Ausbruch von Gammastrahlen (»Gamma Ray Bursts«, GRBs) stattfindet, brauchen Astronomen fast immer zu lange, um dessen Nachglühen im sichtbaren Bereich auf Bilder zu bannen. Bis sie den nur sekundenlang aufleuchtenden GRB lokalisiert und ihre schwerfälligen Teleskope an die richtige Stelle am Himmel geschwenkt haben, sind die interessanten ersten Minuten nach dem Ausbruch – sie verraten am meisten über seinen Ursprung – längst vorbei.

Vor kurzem aber waren ihre automatischen Gehilfen gleich zwei Mal schnell genug: Am 11. Dezember 2002 reagierte das Roboterteleskop Kait am kalifornischen Lick Observatory auf einen GRB-Alarm des Weltraumobservatoriums Hete II (»High Energy Transient Explorer«), der es via Internet erreichte. Schon weniger als zwei Minuten nach dem Ausbruch machte es die erste Aufnahme und lieferte schließlich die bislang detailliertesten Bilder der frühen Phasen eines GRBs. Schon im Oktober hatte ein japanisches Teleskop das Nachglühen von GRB 021004 nach nur 193 Sekunden registriert.

Bislang wurde nur 1999 ein GRB-Nachleuchten so früh nach dem Ausbruch vermessen. Ein Roboterteleskop, alarmiert vom Satelliten Compton, nahm GRB 990123 sogar schon nach 22 Sekunden ins Visier. Weitere Erfolgsmeldungen blieben aber aus, unter anderem, weil Compton außer Betrieb ging. Ab Dezember jedoch wird neben Hete II auch der Nasa-Satellit Swift jährlich rund hundert GRB-Alarme auslösen.

Das Nachglühen eines GRBs entsteht, wenn ein scharfer Strahl aus Teilchen, ein »Jet« – ausgestoßen von einem kollabierenden Stern –, fast mit Lichtgeschwindigkeit durchs All rast. Kollisionen innerhalb des Jets erzeugen zuerst Gammastrahlen. Anschließend, wenn der Strahl auf Materie in der Umgebung trifft, wird sichtbares Licht erzeugt. >> tk

LAURIE HATCH

Schon nach zwei Minuten hatte das Roboterteleskop Kait das Glühen im Blick.

> Ihr Name an Bord der Raumsonde Deep Impact +++++ Erfolgreicher Start einer japanischen Raumsonde zu einem Asteroiden +++++

Diese und andere Meldungen finden Sie unter: www.wissenschaft-online.de/astronomie

UNIV. SYDNEY / NRAO / AUI / NSF / G. LEWIS

GRAVITATIONSLINSE

Kosmische Lupe enthüllt Sternentstehung in Quasar

Illustration eines Quasars, wie ihn sich Forscher vorstellen: Inmitten einer Galaxie sitzt ein monströses Schwarzes Loch, das von einer Sterne bildenden, einige tausend Lichtjahre großen Gasscheibe umgeben ist.

Eine gigantische kosmische Linse hat einem internationalen Astronomenteam dabei geholfen, die Entstehung von jährlich vielen hundert Sternen im Zentrum einer fernen Galaxie zu beobachten. Die Forscher um Chris Carilli vom National Radio Astronomy Observatory (NRAO) in Socorro, New Mexico, hatten den zwölf Milliarden Lichtjahre entfernten Quasar PSS J2322+1944 beobachtet. Genau auf der Sichtlinie, auf halber Strecke zwischen dem Quasar und der Erde, befindet sich eine weitere Galaxie. Die Schwerkraft dieses Sternsystems lenkt die Lichtstrahlen des Quasars um und wirkt so wie eine riesige Lupe. Nur durch den Vergrößerungseffekt dieser »Gravitationslinse« konnten Carilli und seine Kollegen die Sternenstehung in PSS J2322+1944 erkennen.

»Dieser einzigartige Blick in eine weit entfernte junge Galaxie gibt uns erstmalig Einblick in jene Prozesse, bei denen sowohl viele Sterne als auch supermassive Schwarze Löcher entstehen«, erläutert Carilli. Quasare sind extrem leuchtkräftige Objekte. Ihr Kraftwerk ist ein gigantisches Schwarzes Loch mit bis zu einigen Milliarden Sonnenmassen im Zentrum einer Galaxie. Das Loch saugt durch seine enorme Schwerkraft Materie aus seiner Umgebung an. In diesem gashaltigen Strudel werden neue Sterne gebildet, wie die neuen Beobachtungen zeigen. Ein langes Leben ist ihnen aber nicht beschieden: Kommen sie dem Schwarzen Loch schließlich zu nahe, werden sie von ihm aufgerieben.

Carilli und seine Kollegen konnten die Strahlung dieser Gasscheibe mit der großen Antennenanlage »Very Large Array« (VLA) in New Mexico empfangen. »Ohne die Hilfe der Gravitationslinse könnten wir die Scheibe um das Schwarze Loch im Zentrum dieser Galaxie niemals sehen«, so Carilli. Die Gasscheibe hat einen Durchmesser von etwa 13000 Lichtjahren. In jedem Jahr entstehen in ihr rund neunhundert Sterne.

>> Rainer Kayser

www.nrao.edu/pr/2003/starburstqso/

Forscher entdecken mithilfe der Transitmethode fernen Planeten +++++ Neue Besatzung erreicht Internationale Raumstation >

SHUTTLE-KATASTROPHE

Panne beim Start

Columbia war schon vor ihrer Rückkehr verloren

Just mit Erscheinen dieses Hefts tritt die Untersuchung der Absturzursache des Spaceshuttles Columbia in die entscheidende Phase. Denn Mitte Juni beginnt die amerikanische Weltraumbehörde Nasa mit einer Reihe von Tests, die einen Zwischenfall beim Start möglichst authentisch rekonstruieren sollen. Mit einer Stickstoffkanone werden hierzu 64 × 38 × 13 Zentimeter große Brocken eines beim Haupttank als Isolierung verwendeten Schaumstoffs mit 800 Stundenkilometern auf die Flügelteile zweier echter Shuttles geschossen.

Genauso ein Schaumstofffragment hatte sich beim Start am 16. Januar – 81 Sekunden nach dem Start – vom großen Außentank gelöst, war auf der linken Tragfläche der Columbia aufgeschlagen und zerplatzt. Am folgenden Tag war das Ereignis zwar auf Filmen automatischer Startkameras entdeckt, dann jedoch für harmlos befunden worden. Doch in den vergangenen Monaten wuchs der Verdacht, dass der »Schaumstofftreffer« zumindest als Mitauslöser in Frage kommt.

»Die Raumfähre trat mit einem schon existierenden Problem an der linken Tragfläche in die Erdatmosphäre ein«, glaubt der Leiter der unabhängigen Untersuchungskomission »Columbia Accident Investigation Board« (Caib) Harold Gehmann.

»Das Problem war klein genug, dass es die Fähre bis nach Texas schaffte, aber groß genug, dass heiße Gase in die Tragfläche gelangen konnten, die starke Hitze verursachten und schließlich zum Absturz des Shuttles führten.« Mittlerweile hält man bei der Nasa drei Szenarien für realistisch:

(1) Beim Wiedereintritt dringen bis zu 3000 Grad Celsius heiße Gase genau an der Stelle in den linken Flügel ein, wo beim Start der Schaumstoff aufgeschlagen war (siehe Modell rechts). Die beim Eintritt in die Atmosphäre am stärksten belastete Frontseite der Tragflächen wird von je 22 Elementen aus verstärktem Kohlefaser-Verbundwerkstoff – den so genannten RCC-Panelen – geschützt. Sie können noch größere Hitze vertragen als die keramischen Hitzeschutzkacheln des Shuttles. Der Verlust der unteren Hälfte des RCC-Panels Nummer 8 würde sowohl die Temperaturdaten wie auch die Spritzer aus geschmolzenem Metall auf den Trümmern erklären.

(2) Columbias linker Flügel war bereits schwer beschädigt, als das Shuttle wieder in die Atmosphäre eintauchte. Das belegen Sensordaten aus dem gefundenen Datenrekorder: Schon bei den ersten aerodynamischen Belastungen des Wiedereintritts zeichneten die Bordsysteme Anomalien auf, die allein die Berührung mit der dünnen oberen Atmosphäre niemals hätte auslösen dürfen. Folglich muss die Tragfläche entweder in der Erdumlaufbahn beschädigt worden sein oder schon beim Start.

(3) Am Tag nach dem Start hatte sich ein Objekt langsam von der Columbia gelöst und war einige Tage später in der Erdatmosphäre verglüht. Erst Wochen nach dem Unglück wurde der Vorgang in Aufzeichnungen militärischer Radaranlagen entdeckt. Seither laufen Laborversuche, um die gemessenen Radarechos mit den Signaturen verschiedener Bauteile der Columbia in Übereinstimmung zu bringen. Fast alle Kandidaten scheiden aus – nur die untere Hälfte eines RCC-Panels würde passen.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Letzter Blick auf Columbia: **Mitarbeiter des National Weather Service in Fort Worth, Texas, blicken fassungslos auf die Radarechos des zerfallenden Shuttles.**

Leck blieb zunächst ohne Folgen

Bereits Mitte April kristallisierte sich sowohl bei der Nasa als auch beim Caib folgender Ablauf heraus: Demnach beschädigt der Schaumstofftreffer noch während des Starts das RCC-Panel, ohne zunächst den Flugverlauf des Shuttles zu beeinflussen. Erst in der Erdumlaufbahn löst sich ein Teil davon ab und verglüht Tage später in der Atmosphäre. Das zurückbleibende Leck

Lieferten Amateurastronomen entscheidende Hinweise?

Bei der detaillierten Aufklärung des Columbia-Unglücks könnten die Beobachtungen einiger Dutzend Amateurastronomen von großer Bedeutung sein. »Diese Leute sind eindeutig unsere Helden,« so Nasa-Flugdirektor Paul Hill über jene 19 Amateurastronomen und Weltraumfans, die in den frühen Morgenstunden des 1. Februar von Kalifornien bis Texas ihre Videokameras auf die zurückkehrende Columbia gerichtet und die Bänder später den Unfallermittlern zur Verfügung gestellt hatten. Denn auf vielen Aufnahmen sind Lichtpünktchen zu erkennen, die sich vom Orbiter abtrennen: Teile der Columbia, die in den Minuten vor der Katastrophe abbrachen.

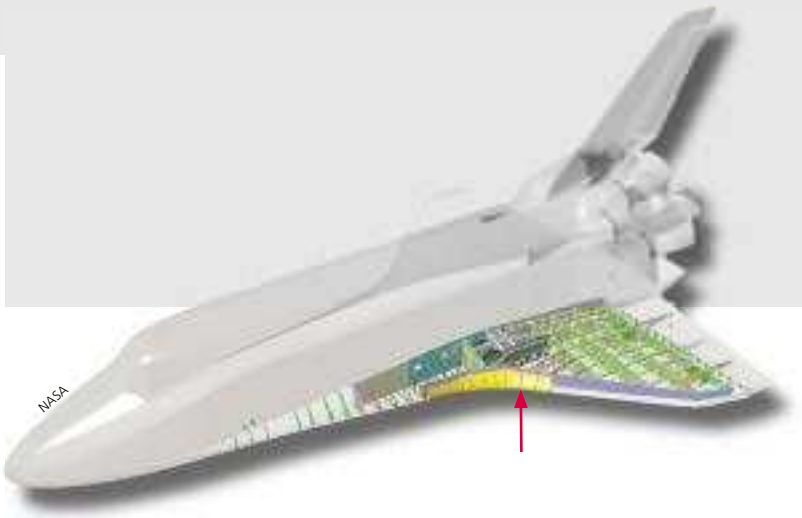
Mehrere Kameras, mit denen die Videos aufgenommen wurden, hat die Nasa inzwischen gekauft, um die Reaktion ihrer Optik und Elektronik auf unterschiedliche Farben im Labor zu testen. Gelingt es, die exakte Farbe der in der Atmosphäre verglühten Fragmente herauszufinden, könnte das zur Identifikation der Komponenten führen – auch wenn man sie vielleicht nie in Händen halten wird.

Ohne diese Video-Enthusiasten wüsste man nichts von diesem Phänomen. Manche Videos zeigen auch Sterne und Planeten und sind so gut, dass sich die Flugbahnen der Objekte in der Atmosphäre genau berechnen lassen. Nach ihnen wird immer noch in leider meist sehr entlegenem und schwierigem Gelände gesucht. Vielleicht liefern sie den entscheidenden Hinweis, ob sich das skizzierte Gesamtszenario tatsächlich so abgespielt hat.

> Shuttleflüge noch in diesem Jahr? +++++ Nasa verschiebt Start des Infrarotteleskops SIRTF +++++ Forscher bestätigen Existenz Dunkler Materie

Diese und andere Meldungen finden Sie unter: www.wissenschaft-online.de/astronomie

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.



Über 15 Tonnen Trümmerteile des ursprünglich knapp hundert Tonnen schweren Shuttles wurden inzwischen in einem Hangar des Kennedy Space Centers gesammelt. Rechts: Die vermutlich schon beim Start beschädigte Stelle am linken Flügel (Pfeil) der Columbia.

im linken Flügel bleibt zunächst ohne Folgen. Doch sobald die Columbia die Erdatmosphäre wieder berührt, dringt heiße Luft in die linke Tragfläche ein und zerstört sie langsam von innen heraus. Selbst als über dem Westen der USA bereits ganze Stücke aus der Tragfläche herausbrechen, folgt das Shuttle weiter brav seiner Flugbahn, denn der Bordcomputer kann die verschlechterte Aerodynamik durch Manöver mit den Leitwerken und dem Einsatz der Lageregelungsdüsen immer wieder ausgleichen. Während die Tragfläche von innen her regelrecht aufschmilzt und sich nach und nach auflöst, kämpft der Bordcomputer der Columbia erstaunlich lange erfolgreich gegen die sich immer weiter verschlechternde Aerodynamik an. Bis zur letzten Sekunde merkt die Besatzung nichts, und auch die Bodenkontrolle ahnt nicht, welches Drama die Anomalien ankündigen, die gelegentlich auf den Monitoren im Kontrollzentrum angezeigt werden. Fluglage und Bahn der Columbia bleiben praktisch stabil, bis der Kontakt zur Crew wenige Sekunden nach acht Uhr Ortszeit plötzlich abreißt.

Ab dem Moment des Eintritts in die Atmosphäre ist dieses Szenario durch die Flugdaten und das Trümmerbild praktisch lückenlos bewiesen – nur die Rolle des Startzwischenfalls ist bis zum Abschluss der Tests noch mit einem Fragezeichen zu versehen. Bei diesen soll sich auch zeigen, ob das Alter der Columbia und die Raumflüge beim Absturz eine Rolle spielte: RCC-Panels sowohl von der ähnlich belasteten »Discovery« als auch von der »Enterprise«, die nur für Gleitflüge in der Atmosphäre herhalten musste, werden dabei gezielt unter Beschuss genommen. Mit einem Abschlussbericht des Caib wird frühestens Ende Juli gerechnet. Unabhängig von der Rolle des Schaumstoffs arbeitet die Nasa längst fieberhaft an der Lösung des Problems, das man wohl lange nicht ernst genug genommen hatte. Ermittler haben mittlerweile auch an anderen Treibstofftanks der Shuttleflotte Schäden am Isolierschaum entdeckt.

Bereits beantwortet ist dagegen die immer wieder gestellte Frage, ob die Nasa etwas hätte tun können, wenn sie von einem schweren Schaden an der Tragfläche gewusst und die Tragweite des Problems richtig eingeschätzt hätte. So wurde untersucht, ob man die Wärmebelastung des Orbiters durch Verringern seiner Masse hätte senken können. Das ernüchternde Ergebnis: Selbst wenn man alles nicht unbedingt Lebensnotwendige über Bord geworfen hätte, wäre die Höchsttemperatur an der Tragflächenfront nur um sieben Prozent gesunken, was der Columbia beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre aber nicht geholfen hätte. Fazit: Eine Rettung der Crew im Stil von Apollo 13

+++++ Columbus-Kontrollzentrum kommt nach Oberpfaffenhofen +++++ USA steigen aus Marslandungsprojekt mit Frankreich aus >

SCALED COMPOSITES

Startbereit?

PRIVATE WELTRAUMFLÜGE

Amazon@Space

Reiche Geschäftsleute breiten sich in den Nischen aus, die von Rückschlägen der staatlichen Raumfahrtprogramme hinterlassen werden. Wie das US-Magazin Newsweek herausfand, investiert selbst Jeff Bezos, der 1,7 Milliarden US-Dollar reiche Chef des Online-Händlers Amazon, in die Entwicklung wiederverwendbarer Raketen. Sie sollen Weltraumtouristen in einige Dutzend Kilometer Höhe befördern. In einer unauffälligen Lagerhalle in Seattle arbeiten Physiker, ehemalige Nasa-Wissenschaftler und sogar ein Science-Fiction-Autor an der Verwirklichung von Bezos' Jugendtraum, eines Tages Astronaut zu werden.

Vor einigen Wochen stellte auch Burt Rutan sein »SpaceShipOne« vor, das in der Luft vom Rumpf des Flugzeugs »White Knight« aus starten wird (Foto). Der Flugzeugbauer Rutan leitet eines der über zwanzig Teams, die sich um den XPrize (www.xprize.org) bewerben: Ein Preisgeld von zehn Millionen US-Dollar wartet auf denjenigen, der ein bemanntes Raumschiff zweimal innerhalb von zwei Wochen in hundert Kilometer Höhe bringt. Rutan hatte schon die Voyager entwickelt, die als erstes Flugzeug ohne Auftanken die Welt umrundete.

Wann sein Raumschiff abhebt, ist ungewiss. Der Premierenflug von White Knight fand im August 2002 statt. >> tk

WELTRAUMMEDIZIN

Liegen für die Weltraumforschung

Acht Wochen in der Horizontalen: Was wie ein Rekordversuch im Faulenzen klingt, ist tatsächlich ein medizinisches Experiment. Ein Team um Dieter Felsenberg, Leiter des Zentrums für Muskel- und Knochenforschung am Berliner Universitätsklinikum Benjamin Franklin, erforscht so die extremen Bedingungen, denen der Mensch in der Schwerelosigkeit ausgesetzt ist. Weil dabei kein aufrechter Gang erforderlich ist, wird die Muskulatur an Beinen, Becken und Rumpf nicht beansprucht und bildet sich zurück. Schlimmer noch: Auch die Knochen verlieren an Festigkeit – ein zu großes Risiko für Langzeitmissionen.

Für die vier jungen Männer, die wochenlang strikte Bettruhe einhalten mussten, war es eine harte Zeit – vor allem für die beiden Kandidaten, denen keinerlei körperliche Aktivität erlaubt war. Besser erging es den beiden anderen, die zweimal täglich fünf bis sieben Minuten mit »Galileo Space« trainierten, einem für die Raumfahrt entwickelten Vibrationstrainingsgerät. Es beansprucht die Muskulatur schon nach drei Minuten genauso wie ein 10000-Meter-Lauf. Offenbar mit Erfolg: Während das Muskelvolumen der Dauerlieger um bis zu dreißig Prozent abgenommen hatte, bauten die trainierenden Probanden ihre Muskulatur sogar auf. Ihre Knochendichte blieb fast unverändert.

Die weiteren Tests werden bis März 2004 andauern. Insgesamt zwanzig Männer sollen bis dahin im Dienst der Weltraummedizin ins Bett geschickt werden. >> Stefanie Reinberger

MUSES-C

Japaner baggern Asteroiden an

Vom japanischen Weltraumbahnhof Kagoshima ist am 9. Mai 2003 die Raumsonde Muses-C, das dritte »Mu Space Engineering Spacecraft«, zur Erforschung eines Asteroiden gestartet. »Hayabusa« (Falke), wie die Sonde jetzt getauft wurde, soll den 300 Millionen Kilometer von der Erde entfernten Asteroiden 1998 SF36 ansteuern, dort landen und eine Probe im Grammbereich entnehmen. In vier Jahren wird die Sonde auf der Erde zurückerwartet und die Probe soll dann an einem Fallschirm in der australischen Wüste niedergehen.

Von der chemischen Beschaffenheit von 1998 SF36 erhoffen sich die Forscher wichtige Einblicke in die frühe Geschichte des Sonnensystems. Asteroiden sind Überbleibsel aus der Entstehung der Planeten und haben sich, anders als die Gesteine in den Planeten und Monden, seit 4,5 Milliarden Jahren praktisch nicht verändert.

>> Joachim Schüring
wissenschaft-online.de

THE INSTITUTE OF SPACE AND ASTRONAUTICAL SCIENCE

Hayabusa landet auf dem 500 m langen Asteroiden, um eine Probe zu entnehmen.

> Erfolgreicher Start einer Ariane-5-Trägerrakete +++++ Europäer wollen jetzt den Mond erkunden ◀◀

DAS RÄTSEL DER KOSMISCHEN STRAHLUNG

Bisher weiß niemand genau, wie die energiereichsten Teilchen des Kosmos fast Lichtgeschwindigkeit erreichen. Und auch wie sie ihren Weg zur Erde finden, ist immer noch ein Geheimnis.

>> Ivan Semeniuk

MARK GARLICK

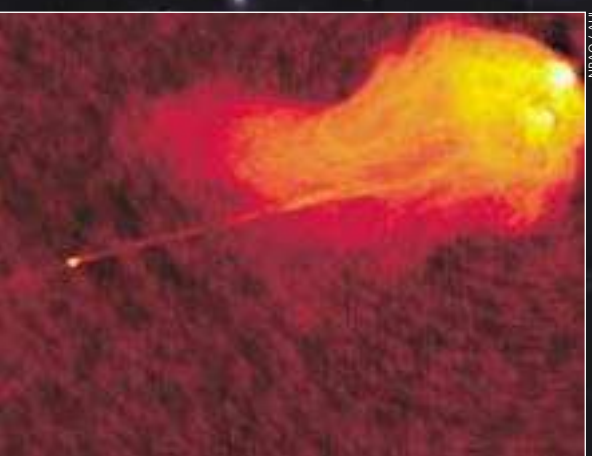
Die möglichen Quellen, aus denen die Kosmische Strahlung stammen könnte, sind so vielfältig wie die Theorien zur Erklärung ihrer Existenz: Neutronensterne mit extrem starken Magnetfeldern (Magnetare) können Protonen mit annähernd Lichtgeschwindigkeit aussenden (a). Auch Teilchen der Dunklen Materie, die möglicherweise das Zentrum unserer Galaxis umkreisen, erzeugen bei ihrem Zerfall Kosmische Strahlung (b). Supermassereiche Schwarze Löcher in nahe gelegenen Galaxien wie Centaurus A beschleunigen die Teilchen der Kosmischen Strahlung (c). Genau wie die magnetisierten Plasmakeulen, die aus Radiogalaxien wie Cygnus A stammen (d). Die immer noch mysteriösen Gammastrahlenausbrüche sind die fünfte Quelle (e).

Hochenergieastrophysik ist der ultimative Zuschauersport. Die Handlung ist oft actiongeladen, manchmal explosiv und findet immer am obersten Ende der Energieskala statt. Das einzige Problem für einen Zuschauer auf der Erde ist die Platzwahl, denn unser Heimatplanet gehört – kosmisch gesehen – zu den billigen Stehplätzen. Und auf denen kann es schon einmal passieren, dass man wichtige Szenen verpasst. Glücklicherweise gibt es im Sport immer wieder Momente, in denen sich das Publikum »mitten im Geschehen« wiederfindet. Zum Beispiel, wenn beim Fußball eine Bananenflanke mitten in den Rängen landet. Teilchen der Kosmischen Strahlung, die die Erde treffen, sind solche Querschläger.

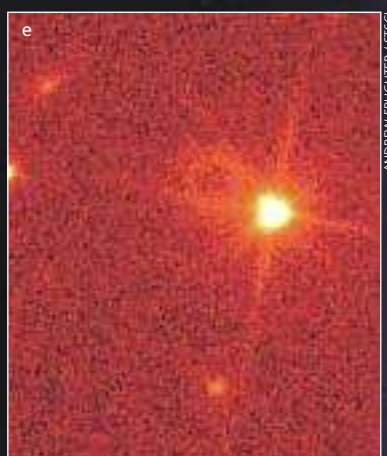
Die Kosmische Strahlung besteht, anders als Licht, nicht aus Strahlen purer Energie, sondern aus Teilchen: Hauptsächlich sind dies Protonen und Atomkerne, die fast mit Lichtgeschwindigkeit durchs All reisen und uns von den Kräften berichten, die weit entfernt wirken.

Lange bevor Astronomen Erklärungen für Röntgenstrahlung, Gammastrahlung und das Ultraviolettlicht fanden, waren es die Teilchen der Kosmischen Strahlung, die sie mit den energiereichsten Prozessen im Universum in Verbindung brachten: Vorgänge, bei denen derart energiereiche Partikel entstehen, dass die größten Beschleuniger auf der Erde dagegen wie Zwerge aussehen. Die energiereichsten Teilchen, die Wissenschaftler heute herstellen können, ziehen am Tevatron-Beschleuniger des Fermilab in Chicago ihre Bahnen. Sie sind die »Schumis« der Experimentalphysik, denn in diesem Teilchenbeschleuniger erreichen sie fast Lichtgeschwindigkeit und Energien von einer Billion Elektronvolt »eV« (siehe Glossar Seite 24). Die Teilchen der Kosmischen Strahlung schaffen das mit links – und packen sogar noch acht Zehnerpotenzen drauf!

Heute wissen wir, dass große Sternexplosionen innerhalb unserer Milchstrasse – so genannte Supernovae – natürliche >



NRAO / AUI



e

ANDREW FRUCHTER / STSCI

© 2001–2002 ANGLO-AUSTRALIAN OBSERVATORY / ROYAL OBSERVATORY EDINBURGH

Sollte Nasa-Astronom Jay Norris mit seiner Vermutung Recht haben, dass einige Gammastrahlenausbrüche in relativ nahe gelegenen Galaxien stattgefunden haben, könnten die größten Explosionen seit dem Urknall eine maßgebliche Quelle Kosmischer Strahlung sein. Ein Beispiel sind die »Bewohner« des Fornax-Haufens in 55 Millionen Lichtjahren Entfernung.

> Teilchenbeschleuniger sind und damit höchstwahrscheinlich auch die Quellen der Kosmischen Strahlung, die uns tagtäglich erreicht. Für die energiereichsten Teilchen müsste allerdings – so fanden die Physiker in den letzten Jahren heraus – eine Art neue Physik gelten. Die »ultraenergiereichen kosmischen Strahlen« (UHECRs, Ultra High Energetic Cosmic Rays) besitzen Energien über 10^{20} eV – genug um ein einzelnes Proton auf 99,99999999999999999999 Prozent der Lichtgeschwindigkeit zu beschleunigen. »Bis heute herrscht keine Klarheit darüber, was derart hohe Energien erzeugen kann. Das ist unsere Herausforderung!« so der Physiker und Nobelpreisträger James Cronin von der University of Chicago, der sich der Erforschung dieser Strahlung widmet.

Anschwimmen gegen den Mikrowellenstrom

Berechnungen zeigen jedoch, dass selbst die mächtigsten Supernovaexplosionen keine ultraenergiereichen Teilchen der Kosmischen Strahlung erzeugen können. Also sucht man nach deren Ursprung in den auffälligsten Energiefabriken des Universums: in Quasaren und bei Gammablitzen, Milliarden von Lichtjahren entfernt. Doch ausgerechnet die höchst energiereichen Teilchen der Kosmischen Strahlung werden Opfer von Zusammenstößen, die ihre Energie schwächen, bevor sie weiter reisen können.

Der Missetäter ist die vom Beginn des Universums übrig gebliebene Strahlung, quasi das Echo des Urknalls: der kosmische Mikrowellenhintergrund.

Die Chancen für einen Zusammenstoß von Protonen der Kosmischen Strahlung mit dem Mikrowellenhintergrund stehen dabei gerade bei Energien oberhalb von 5×10^{19} eV nicht schlecht: Alle zwanzig Millionen Lichtjahre schwächt ein solcher kosmischer Crash das Proton und entzieht ihm dabei zwanzig Prozent seiner Energie. Atomkernen ergeht es noch schlechter. Kein Teilchen der Kosmischen Strahlung kommt daher weiter als hundert Millionen Lichtjahre.

»Das ist ungefähr die Größe des lokalen Galaxiensuperhaufens,« sagt der Physiker Subir Sarkar von der University of Oxford. Die so abgeleitete Größe lässt allerdings nicht viel Platz, um die stärksten Teilchenbeschleuniger des Universums darin zu verstecken. Was immer die hochenergiereichen Teilchen erzeugt, es muss nah an unserem Zuhause liegen. Den bisher beobachteten Partikeln der Kosmischen Strahlung lässt sich indes kein eindeutiges optisches Gegenstück zuordnen. Gewappnet mit einer neuen Generation von Detektoren wollen die

Die Entdeckung der kosmischen Strahlung

1912 ▼
Victor Hess entdeckt während einer Ballonfahrt »durchdringende Strahlung« aus dem Weltraum.

FERMILAB

1929
Dimitry Skobelzyn beobachtet kosmische Strahlen in einer Blasenkammer.

1932
Die Beweise, dass Kosmische Strahlung aus energiereichen Teilchen besteht, häufen sich.

1933
Carl David Anderson entdeckt erstmals Antimaterie (in Form von Positronen) in der Kosmischen Strahlung.

1937
Seth Neddermeyer und Carl David Anderson entdecken das Myon in der Kosmischen Strahlung.

PAUL MANTSCH / FERMILAB

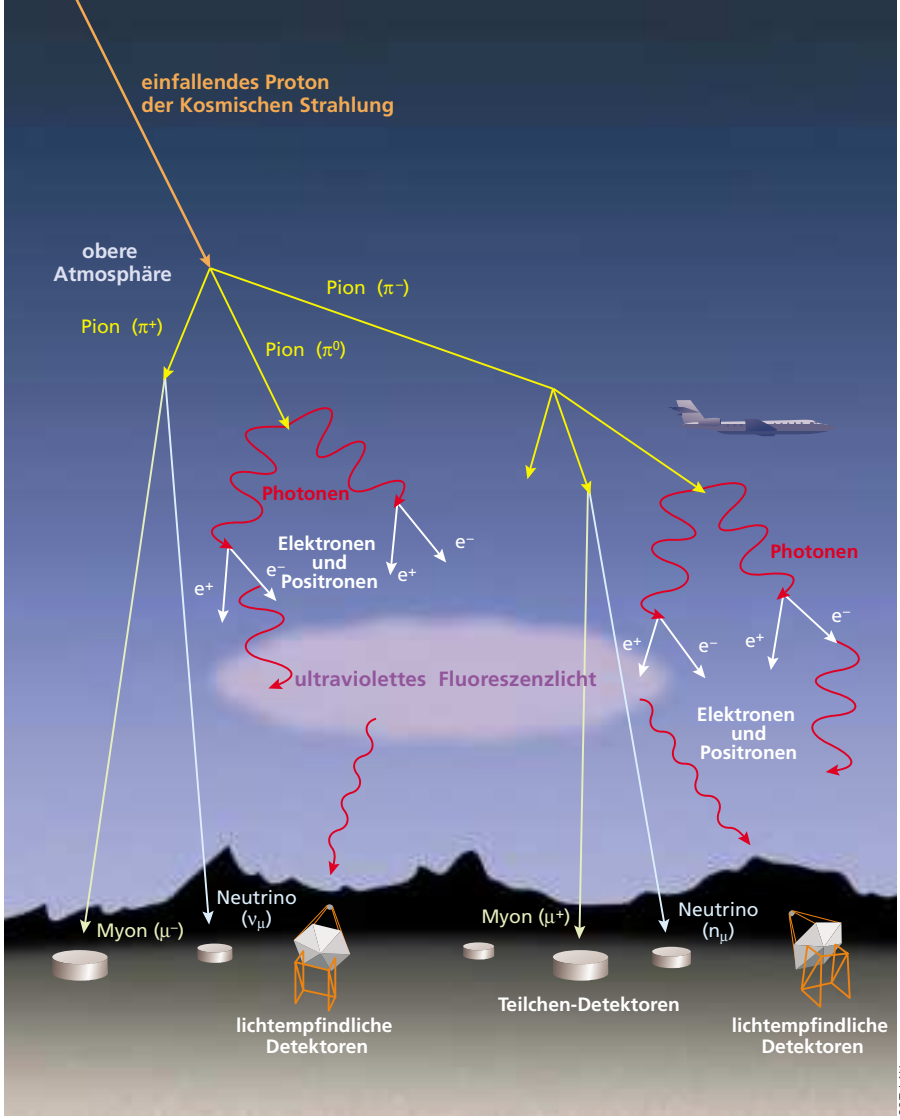
1938 ▲
Hoch in den Alpen entdeckt Pierre Auger mit zwei weit auseinander liegenden Teilchendetektoren erstmals Luftschauer, die durch Kosmische Strahlung hervorgerufen wurden.

1949 ▼
Enrico Fermi begründet die Theorie, nach der Teilchen der Kosmischen Strahlung durch Schocks in Supernova-Überresten beschleunigt werden.

NRAO / AUI

Anatomie eines Luftschauers:

Wenn ein Teilchen der Kosmischen Strahlung auf die obere Atmosphäre trifft, löst es dort ein ganzes Bündel an Sekundärteilchen aus, von denen einige den Erdboden erreichen. Die Luftschauer, hauptsächlich Myonen, Elektronen und Positronen, können auch Moleküle der Atmosphäre zum Leuchten anregen (Fluoreszenz). Diese strahlen dann Ultraviolettlicht ab, das von Teleskopen auf dem Boden eingefangen wird.



S&T / AH

Wissenschaftler diese unbefriedigende Situation jetzt ändern.

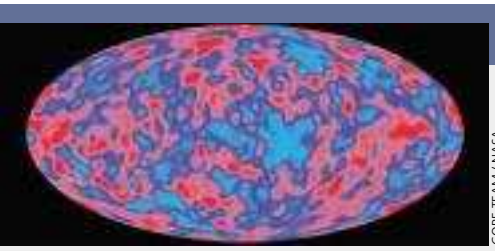
Niemand weiß, wie die Hochgeschwindigkeitsreise eines energiereichen Teilchens der Kosmischen Strahlung beginnt. Nur sein Ende ist bisher bekannt: In einer Höhe von zehn bis zwanzig Kilometer über der Erde stößt es irgendwann unvermeidlich mit einem Luftmolekül zusammen. Dabei verwandelt sich das Teilchen in einen Schauer subatomarer Partikel (die so genannten Sekundärteilchen), die sich durch weitere Zusammenstöße in der Atmosphäre lawinenartig vermehren: Das nennen die Forscher einen Luftschauer.

Energiereicher Regen

Im Jahr 1938 beobachtete der französische Physiker Pierre Auger hoch in den Alpen als erster diese Luftschauer, um der Natur der Kosmische Strahlung auf die Spur zu kommen. Beim Auswerten seiner Geigerzähler stellte er fest, dass er aus der Anzahl und Verteilung der Sekundärteilchen die Energie des gemessenen Luftschauers und somit die Energie des Primärteilchens ableiten konnte.

Heutzutage benutzen Forscher Augers Technik, um die Kosmische Strahlung über einen weiten Energiebereich hinweg – von 10^9 eV bis 10^{20} eV – zu messen. Die Untersuchungen lassen dabei eine starke Beziehung zwischen der Energie der ankommenden Teilchen und ihren Ankunftsraten vermuten: Jenseits von 10^{19} eV erwarten die Teilchenphysiker lediglich ein Partikel pro Quadratkilometer pro Jahrhundert!

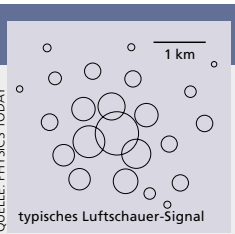
Um eine realistische Chance zu haben, auch derart seltene Teilchen beobachten zu können, müssten die Forscher riesige Detektoranlagen bauen, die mehrere tausend Quadratkilometer abdecken. Mit Flächen von acht bis achtzig Quadratkilometer waren die seit den 1960er Jahren verwendeten Anlagen einfach zu klein, um die Ereignisse der Kosmischen Strahlung deutlich vom Untergrundrauschen zu unterscheiden. Daher >


COBE TEAM / NASA

1966 ▲
Nach der Entdeckung der kosmischen Mikrowellenhintergrundstrahlung folgern Kenneth Greisen, Georgi Zatsepin und Vadem Kuzmin, dass Teilchen der Kosmischen Strahlung mit Energien von mehr als 5×10^{19} eV die Erde nicht über weite intergalaktische Entfernungen hinweg erreichen können.

1993 ▼
Der Detektor »Fly's Eye« in Utah beobachtet ein kosmisches Ereignis mit einer Energie von 3×10^{20} eV – zu diesem Zeitpunkt die höchste je registrierte Energie.

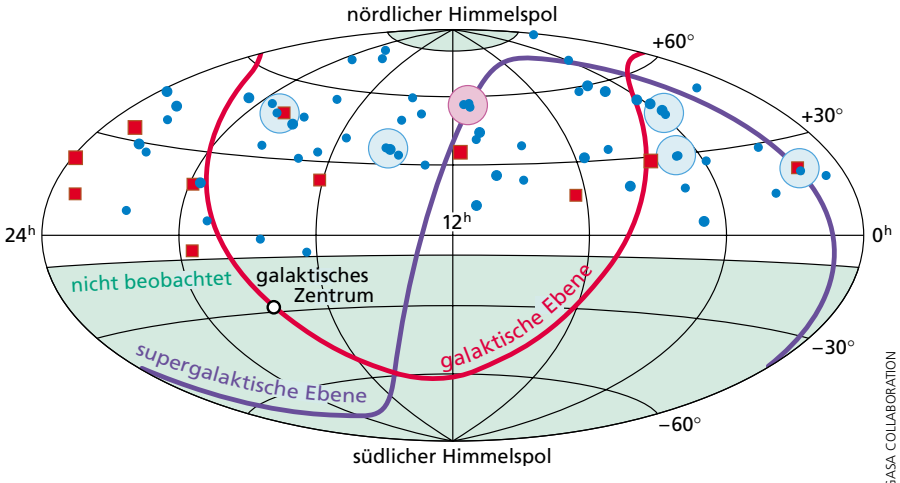
JOHN MATTHEWS/UNIVERSITY OF UTAH



QUELLE: PHYSICS TODAY

1994 ▲
Japans Agasa-Detektor nimmt den »Fußabdruck« eines kosmischen Ereignisses bei einer Energie von 2×10^{20} eV auf.

2002
Agasa misst ein Dutzend Ereignisse jenseits von 10^{19} eV. Dies steht in Widerspruch zu den Ergebnissen des HiRes-Detektors in Utah.



Japans Akeno Giant Air Shower Array (Agasa) hat Dutzende enorm energiereicher kosmischer Strahlungsquellen entdeckt. Was noch wichtiger ist: Einige dieser Teilchen scheinen in Bündeln anzukommen. Blaue Punkte repräsentieren Teilchenenergien zwischen 4×10^{19} und 1×10^{20} eV; rote Quadrate Energien über 10^{20} eV. Große blaue Kreise kennzeichnen Ereignisse, die innerhalb eines Gebietes von 2,5 Grad am Himmel zusammenfallen. Eine besonders auffällige Dreiergruppe »im Futternapf« des Großen Bären ist rosa markiert.

> wurde ihr Nachweis zum inoffiziellen Ziel einer neuen Art von Experiment, das in den 1980er Jahren in der Wüste von Utah begann.

Das Fliegenauge

Die wegen der sechseckigen Anordnung ihrer Detektoren Fly's Eye (Fliegenauge) genannte Anlage konnte Luftschauer schon 15 Kilometer vor dem Auftreffen auf dem Boden entdecken und eine effektive Fläche von fast tausend Quadratkilometer überwachen.

Beim Eintritt in die Atmosphäre regen die Sekundärteilchen eines Luftschauers Stickstoffmoleküle entlang ihres Weges zu fluoreszierendem Leuchten an. An klaren, mondlosen Nächten malen sie meteoritenähnliche Spuren an den ultravioletten Himmel: je heller die Spur, desto energiereicher der Luftschauer. Um diese sehr kurzen Leuchterscheinungen auch einfangen zu können, benutzte Fly's Eye Hunderte UV-empfindlicher Fotomultiplier (siehe Glossar). Diese blickten mit 67 Spiegeln himmelwärts wie das facettenartig zusammengesetzte Auge eines Insekts.

Im November 1991, nach einem Jahrzehnt ohne aussagekräftige Daten, entdeckte Fly's Eye plötzlich ein ganz außergewöhnliches kosmisches Teilchen: Es besaß die unglaubliche Energie von $3{,}2\times10^{20}$ eV – ungefähr die kinetische Energie einer Bowlingkugel, wenn sie mit den Kegeln zusammenstößt. Die Forscher dachten zuerst, es müsse sich um einen Messfehler handeln: »Wir rätselten fast zwei Jahre darüber«, bekennt Pierre Sokolsky von der University of Utah, ein führendes Mitglied des Fly's Eye Projekts. »Uns war klar, dass dies ein sehr bedeutendes Ereignis sein konnte, und wir wollten daher sicher gehen, dass wir kein instrumentelles Problem hatten. Schließlich, als uns alle anderen Erklärungen ausgingen, veröffentlichten wir das Ergebnis.«

Im selben Jahr, als Fly's Eye seinen unerwarteten Fund machte, begann der bis dahin größte und empfindlichste Bodendetektor, das Akeno Giant Air Shower Array (Agasa) in Japan mit seiner Arbeit. Agasa besteht aus 111 Szintillationszählern (siehe Glossar), die auf einer Fläche von hundert Quadratkilometer verteilt sind. Bis 1993 hatte Agasa immerhin schon zwei Ereignisse oberhalb von 10^{20} eV gefunden.

Das war der Wendepunkt: Zusammen mit den Ergebnissen von Fly's Eye schlossen die Wissenschaftler nun auf die Existenz einer neuen Sorte extrem energiereicher Teilchen. Ihre Quelle konnte auf Grund der Wechselwirkung mit dem Kosmischen Hintergrund nicht mehr als hundert Millionen Lichtjahre von der Erde entfernt liegen. Doch immer noch lautete die Frage: Welche Art von astrophysikalischer Strahlenkanone konnte solche Teilchen abfeuern?

Nachdem erstmals experimentelle Beweise für die Existenz dieser Partikel vorlagen, preschten die Theoretiker ihren Experimentalkollegen davon. Denn sie wollten vorhersagen, wo und wie derart energiereiche Teilchen im Universum hergestellt werden konnten. »Jede Woche kam eine neue Theorie zu diesem Thema heraus. Es war so, als ob man einfach wild würfelte«, erinnert sich Cronin. Allerdings ist die Datenmenge für eindeutige Interpretationen bis heute nicht groß genug: Während Agasa rund ein Dutzend Teilchen oberhalb von 10^{19} eV und genau elf Partikel über 10^{20} eV entdeckte, hat »HiRes« (High Resolution Fly's Eye) – eine neue, empfindlichere Version des Detektors – bis heute gerade mal zwei Ereignisse oberhalb von 10^{20} eV gefunden.

Auf der Suche nach einer Quelle

Neben der Energie eines kosmischen Strahlungsteilchens trägt auch dessen Einfallsrichtung eine der Schlüsselinformationen. Die Bahnen normaler Teilchen der Kosmischen Strahlung verraten allerdings nicht ihre Quelle. Das kommt daher, dass diese Teilchen innerhalb unserer Milchstraße erzeugt werden und in ihrem starken Magnetfeld erst mal gefangen sind. Nach einer Jahrmillionen dauernden Reise rund um die Galaxis sind ihre Bahnen völlig willkürlich, sodass sie aus allen Richtungen auf uns zuzukommen scheinen.

Die energiereichsten kosmischen Teilchen bewegen sich dagegen viel zu schnell, um vom Magnetfeld der Milchstraße abgelenkt zu werden. Folglich kann man aus ihrer Einfallsrichtung

GLOSSAR

Elektronvolt (eV): Unter einem Elektronvolt versteht man die Energie, die ein Elektron gewinnt, wenn es den Spannungsunterschied von einem Volt durchläuft; in der Teilchenphysik verwendete Energieeinheit.

Fotomultiplier: Lichtverstärkerröhre; Messinstrument zum Nachweis schwacher Lichtblitze. Treffen Photonen auf die lichtempfindliche Schicht der Kathode eines Fotomultipliers, so schlagen sie dort Elektronen aus. Lenkt man diese in einer Art Kaskade auf eine Reihe positiv geladener Anoden, so lässt sich das ursprünglich schwache Signal verstärken.

Szintillationszähler: Diese Art von Teilchendetektoren enthalten Materialien, die Licht aussenden, wenn sie von energiereichen Teilchen getroffen werden.

MIT FRDL. GENEHMIGUNG VON JOHN MATTHEWS / UNIVERSITY OF UTAH

Eine der beiden Stationen des HiRes-Systems in der Wüste Utahs ist gen Himmel gerichtet in der Hoffnung, atmosphärisches Fluoreszenzleuchten kosmischer Strahlungsteilchen aufzufangen.
Kleines Bild: Die Optik des einen Teleskops erzeugt ein vergrößertes Bild vom Detektorarray, das flüchtige Leuchtprozesse einfangen soll.

auch auf ihre Quelle schließen. Dennoch sehen die Forscher auch bei dieser sehr kleinen Anzahl von Ereignissen keine Tendenz, dass sie nur aus bestimmten Bereichen des Himmels stammen.

Aus der supergalaktischen Ebene

Ohne eine offensichtliche Verbindung zwischen Partikeln der Kosmischen Strahlung und bestimmten astronomischen Quellen herstellen zu können, haben die Forscher inzwischen begonnen, nach Hinweisen auf den Ursprung dieser Teilchen zu suchen. Eine neue Analyse der Agasa-Daten zeigt, dass viele der Partikel aus der der Galaxis übergeordneten »supergalaktischen Ebene« stammen, die eine große Menge an Welteninseln enthält. Bekannte Galaxienhaufen finden sich dort vor allem in den Sternbildern Jungfrau (»Virgo«), Chemischer Ofen (»Fornax«) und Perseus, sowie in der Galaxiengruppe des Großen Bären (»Ursa Major«). Hier gibt es allerdings einige auffällige Doppelungen – insgesamt fünf Paare und eine Dreiergruppe – die vielleicht die verborgenen Quellen solcher Teilchen sein könnten (siehe Abbildung links).

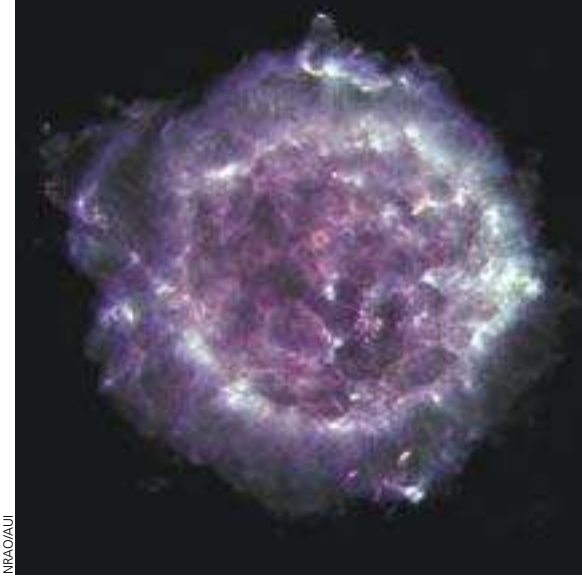
Die Forscher teilen die Theorien über die Entstehung der Kosmischen Strahlung in zwei Kategorien:

Die »Bottom-Up«-Theorien (von energieschwachen zu energiereichen Partikeln) vertreten die Ansicht, dass die Teilchen der Kosmischen Strahlung als relativ langsame Protonen starten und erst durch einen natürlichen Beschleunigungsprozess an Fahrt und damit kinetischer Energie gewinnen. So werden in diesem Modell Protonen (Wasserstoffionen) und schwerere Atomkerne beim Durchqueren der Schockwellen einer Supernovaexplosion von deren Magnetfeldern hin- und hergeschleudert und nehmen Energie auf. Irgendwann brechen die Teilchen aus diesem magnetischen Flipperspiel aus und rasen dann mit Energien von 10^{15} eV oder mehr auf und davon.

Doch der Teufel steckt im Detail: Einerseits müssen die Teilchen der Kosmischen Strahlung lang genug von den Magnetfeldern festgehalten werden, um geeignete Geschwindigkeiten zu erreichen, andererseits aber früh genug freikommen, bevor ihnen andere Teilchen die gewonnene Energie wieder abjagen. Unter die Kandidaten für die Beschleuni- >

Können einzelne Ereignisse bis zu bestimmten Galaxien zurückverfolgt werden? Eine umstrittene Analyse ordnet vor allem die energiereichen kosmischen Teilchen den vier Galaxien zu, die bekanntermaßen ein Schwarzes Loch in ihrem Zentrum beherbergen und deren Positionen hier eingezeichnet sind.

Die stärkste galaktische Radioquelle Cassiopeia A besteht aus einer sich ausdehnenden Supernovahülle in etwa 11000 Lichtjahren Entfernung. Ihre Schockwellen stehen im Verdacht, die meisten der kosmischen Teilchen zu erzeugen, die wir auf der Erde messen. Dennoch ist diese Art Teilchenbeschleuniger ungeeignet, die Entstehung der energiereichsten Teilchen zu erklären, die aus den Weiten des Weltraums auf unsere Atmosphäre treffen.

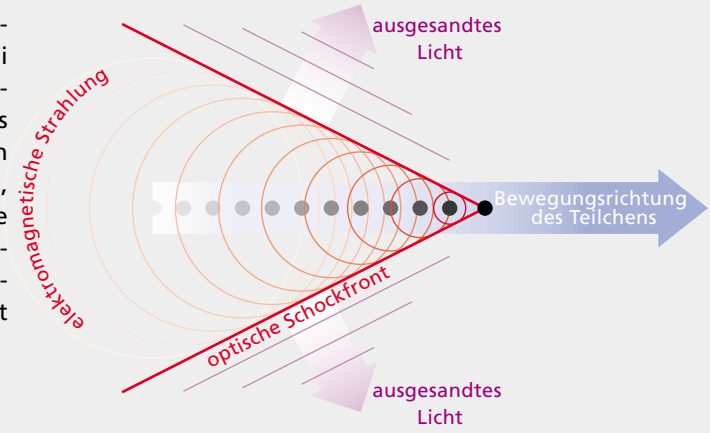


NRAO/AUI

AKIRA FUJII

Tscherenkow-Strahlung

Den Tscherenkow-Lichtkegel kann man sich als optische Schockwelle vorstellen. Wie die Schallmauer bei Flugzeugen tritt er dann auf, wenn ein geladenes Teilchen die Lichtgeschwindigkeit in dem Medium, in dem es sich bewegt, überschreitet. Sekundärteilchen, die von Kosmischer Strahlung in Luftschauern ausgelöst werden, können Tscherenkow-Strahlung in unserer Atmosphäre und in Wassertanks erzeugen. Um Hinweise auf die Energie und die Ursprungsbahn des Ursprungsteilchens zu erhalten, zeichnen die Teilchenphysiker den Lichtkegel mit Detektoren am Boden des Tanks auf.



S&T / GREGG DINDERMAN

> gung kosmischer Strahlungsteilchen fallen gigantische Schwarze Löcher, stark magnetische Neutronensterne (Magnetare) und aus aktiven Galaxienkernen herausschießende Jets.

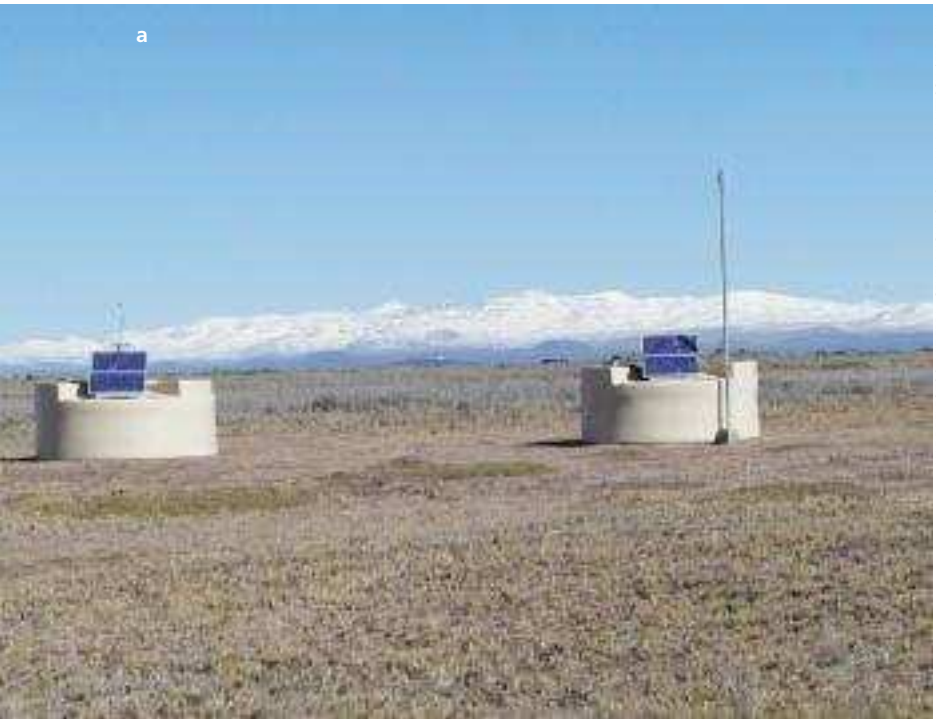
Leider legt keines der bisher erfassten hochenergiereichen Strahlungsteilchen eine Spur zu M 87 im Sternbild Jungfrau oder Centaurus A: zwei der auffälligsten aktiven Galaxien innerhalb eines Radius von hundert Millionen Lichtjahren. Einige Theoretiker glauben daher, dass die intergalaktischen Magnetfelder viel stärker sind als erwartet. Die Flugbahnen der Teilchen würden durcheinander gewirbelt und damit nahe Quellen verschleiert.

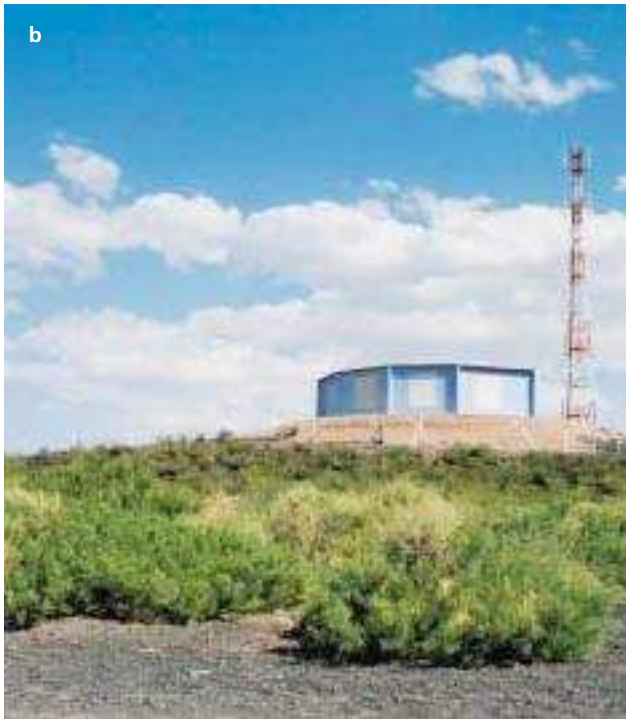
Bei den noch exotischeren »Top-Down«-Theorien (von energiereichen zu energieschwachen Partikeln) behelfen sich die Theoretiker mit energiereichen Teilchen, die die Partikel der Kosmischen Strahlung quasi als Nebenprodukte freisetzen. Als eher esoterische Kandidaten werden gehandelt: zerfallende »Wimpzillas« (massereiche Teilchen der Dunklen Materie), »Z-Ausbrüche« (Zusammenstöße zwischen energiereichen Neutrinos) und Defekte im Gefüge der Raumzeit.

In die Pampa und noch weiter

Trotz starker Bemühungen der Theoretiker und Experimentalphysiker ist das Rätsel der Kosmischen Strahlung nach wie vor ungelöst: Die Ergebnisse der zwei größten Experimente scheinen sich nicht vereinbaren zu lassen. Agasa misst Teilchen mit Energien oberhalb von 10^{20} eV. Das verbesserte Fly's Eye findet dagegen ein Übermaß an Partikeln um 5×10^{19} eV, was bedeutet, dass die Teilchen der Kosmischen Strahlung aus einigen Milliarden und nicht nur aus hundert Millionen Lichtjahren Entfernung stammen. Die Sackgasse, in der sich die Wissenschaftler im Moment befinden,

Mit 1600 Detektoren soll das Pierre-Auger-Observatorium auf einem 3000 Quadratkilometer großen Areal in der argentinischen Pampa Amarilla pro Jahr 6000 kosmische Teilchen oberhalb von 10^{19} eV einfangen. Zwei der solarbetriebenen Wassertanks, in denen die von Luftschauern hervorgerufene Tscherenkow-Strahlung aufgezeichnet wird (a). Eine von vier Stationen, die durch Luftschauer hervorgerufene Leuchterscheinungen in der oberen Atmosphäre (Fluoreszenz) misst (b). Ein Spiegelsegment des Fluoreszenzdetektors und sein empfindlicher Lichtdetektor mit 440 Bildpunkten (c).





ALLE DREI FOTOS: MIT FRDL. GENEHMIGUNG VON PAUL MANTZSCH / FERMILAB

Von Namibia aus versuchen Forscher mit dem High Energy Stereoscopic System (Hess) durch kosmische Strahlung hervorgerufene Luftschauer nachzuweisen. Da Hess für Teilchenenergien von 10^{13} bis 10^{14} eV optimiert ist, trägt es jedoch nicht dazu bei, die Fragen der ganz hohen Energien zu lösen.

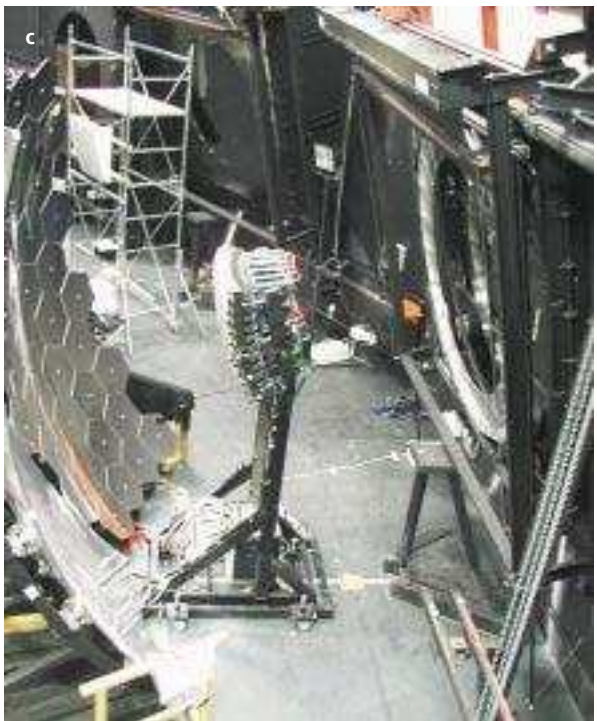
MIT FRDL. GENEHMIGUNG DER HESS KOLLABORATION

spricht eigentlich für die Notwendigkeit eines neuen Detektors.

Glücklicherweise ist ein solcher gerade im Westen Argentiniens im Aubau. Das Pierre-Auger-Observatorium wird sein Netz für kosmische Strahlungsteilchen über eine Fläche von 3000 Quadratkilometern – das ist größer als das Saarland – auswerfen. Mit einer derart großen »Zielscheibe« sollte Auger, wie die Forscher das Observatorium liebevoll nennen, rechnerisch in einem Jahr so viele Teilchen entdecken können, wie alle anderen Detektoren zusammen in einem ganzen Jahrzehnt. Außer in seiner größeren Detektorfläche unterscheidet sich Auger von früheren Experimenten durch neue, kombinierte Messmethoden. So soll es zusätzlich zu den 1600 Teilchendetektoren auch das atmosphärische Stickstofffluoreszenzleuchten von einem Dutzend Stationen aus beobachten. James Cronin, der das Projekt initiiert hat, hofft: »Indem wir beides zusammen machen, sollte es uns gelingen, die Diskrepanz zwischen den Agasa- und HiRes-Daten zu lösen.«

2001 wurden die ersten 32 erdgebundenen Detektoren installiert. In diesem Jahr soll deren Zahl auf über 200 steigen. Jeder von ihnen besteht aus einem geschlossenen Tank mit reinem Wasser und drei Fotomultipliern. Sekundärteilchen, die nahezu mit Vakuumlichtgeschwindigkeit durch das Wasser fliegen, verraten sich durch die Tscherenkow-Strahlung – eine Art optischer Schockwelle, die dann entsteht, wenn sich Teilchen schneller als mit der in einem Medium geltenden Lichtgeschwindigkeit fortbewegen.

»Die erste Phase von Auger läuft gut«, sagt Cronin. Die Befürworter der Anlage hoffen, eines Tages auch ein Observatorium auf der Nordhalbkugel errichten zu können und so eine komplette Abdeckung des Himmels zu erreichen. Der Detektor auf der Südhalbkugel wurde als erster realisiert, da man von dort kosmische Quellen im Blick hat, die Agasa und HiRes nicht beobachten können. Insbesondere dann, wenn Teilchen der Dunklen Materie im Halo unserer Milchstrasse Partikel der Kosmischen Strahlung erzeugen, ist Auger gut platziert, um einen erwarteten Ausbruch in Richtung des Galaktischen Zentrums im Sternbild Schütze mitzubekommen.



Schritte in den Weltraum

Doch auch das Auger-Observatorium wird nicht das letzte Wort haben. Längst planen amerikanische und europäische Wissenschaftler zwei auf Satelliten stationierte Detektoren, die die Atmosphäre von oben nach Anzeichen von Stickstofffluoreszenz absuchen sollen. Aus seiner Vogelperspektive könnte OWL (»Orbiting Wide-Angle Light Collector«) gut tausend Spuren energiereicher Teilchen pro Jahr entdecken.

Ähnlich wie OWL soll auch das europäische »Extreme Universe Space Observatory« (Euso) Luftschauer aus dem Weltraum beobachten. Hierzu bedient es sich der Internationalen Raumstation als Plattform. Seine auf drei Jahre angelegte Mission soll 2007 beginnen.

Zusammen mit der Fertigstellung des Auger-Observatoriums werden diese zwei weltraumgestützten Experimente ein neues Kapitel in der seltsamen Geschichte der energiereichen Kosmischen Strahlung aufschlagen. <<

Ivan Semeniuk ist Experte auf dem Gebiet der Weltraumwissenschaft und arbeitet für den Discovery-Channel Kanada. Sie erreichen ihn per E-Mail (bitte in Englisch) unter ivans@istar.ca.

PLANETENJAGD BEI

»Es gibt unzählige Sonnen und unzählige Erden, die ebenso um ihre Sonnen kreisen wie die sieben Planeten in unserem System. Wir sehen nur die Sonnen, weil sie die größten Körper sind und leuchten, während ihre Planeten für uns unsichtbar bleiben, weil sie kleiner sind und nicht leuchten. Die unzähligen Welten im Universum sind nicht schlechter und nicht weniger bewohnt als unsere Erde.«

Giordano Bruno (1584)

»De l`infinito, universo e mondi«

GRAFIK: LYNETTE COOK

Radiosignale außerirdischer Zivilisationen wollten Astronomen vor über 40 Jahren aus der Richtung von Epsilon Eridani (oben rechts) auffangen. Mittlerweile wurden tatsächlich zwei Planeten in einer Umlaufbahn um den Stern nachgewiesen.

EPSILON ERIDANI

>> Von Govert Schilling

Am frühen Morgen des 8. April 1960, unbemerkt vom Rest der Welt, unternahm eine kleine Forschergruppe den ersten systematischen Versuch der Menschheit, Lebenszeichen einer außerirdischen Zivilisation aufzufangen. Die 26 Meter große Antenne des National Radio Astronomy Observatory in Green Bank im US-Bundesstaat West-Virginia verfolgte den gelben Zwergstern Tau Ceti (τ Cet) im Sternbild Walfisch. Erwartungsvoll versammelten sich Radioastronomen und Studenten des Projekts Ozma (benannt nach der Prinzessin in L. Frank Baums Buch »Ozma of Oz«) um das Aufzeichnungsgerät im Kontrollraum und hofften auf Signale außerirdischer Intelligenzen von dem nur 11,9 Lichtjahre entfernten Stern.

Der 29-jährige Projektleiter Frank Drake und seine Kollegen verfolgten Tau Ceti, bis der Stern im Westen unterging. »Dann richteten wir das Teleskop auf unser zweites Ziel, Epsilon Eridani«, erinnert sich Drake in dem Buch »Signale von anderen Welten«. »Wieder schalteten wir die Aufzeichnungsgeräte ein und machten uns bereit für ein langes Warten. Die- >

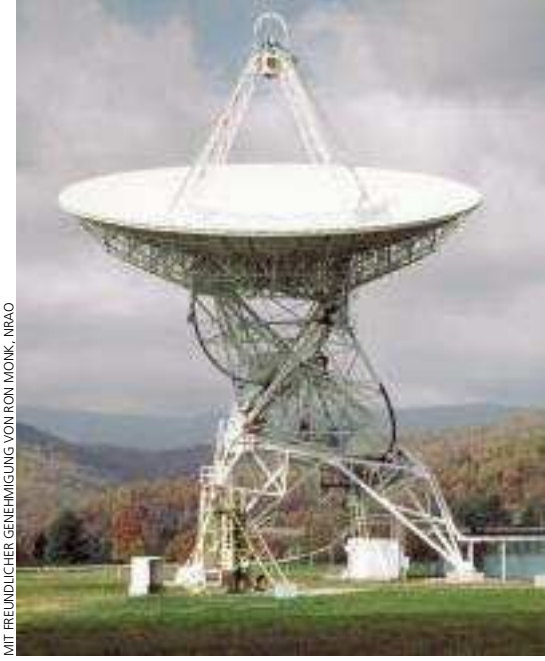
> ses Mal vergingen gerade fünf Minuten, bis das ganze System schlagartig losbrach. Wumm! Ein explosionsartiges Geräusch schoss aus dem Lautsprecher, das Aufzeichnungsgerät fing an, über alle Skalen hinwegzuschnellen, und wir tanzten in wilder Aufregung durch den Kontrollraum.«

Bald war klar, dass es sich um einen Fehlalarm handelte: Das starke, gepulste Signal, das wir empfangen hatten, kam von einem vorbeiziehenden Flugzeug. Heute wissen wir, dass es keine Zivilisation bei Epsilon Eridani (ε Eri) gibt, die Radiosignale aussendet. Damals jedoch tat der Misserfolg dem Optimismus der Astronomen keinen Abbruch, denn es erschien ihnen erfolgversprechender, direkten Kontakt zu »Aliens« aufzunehmen, als etwa Planeten außerhalb unseres Sonnensystems zu entdecken. Zu Unrecht, wie wir heute wissen. Schon 1995, viel früher als erwartet, fanden Forscher den ersten Exoplaneten. Noch einmal fünf Jahre später wurde bekannt, dass auch um Epsilon Eridani, in nur 10,5 Lichtjahren Entfernung, ein Planet kreisen könnte. Und obwohl niemand mehr erwartet, dort eine Zivilisation vorzufinden, so ist dieser erdnächste Exoplanet doch faszinierendes Neuland für die Forschung. Wird er möglicherweise der erste Planet außerhalb unseres Sonnensystems sein, von dem wir ein Foto machen können?

Noch kein Mensch hat je eine solche fremde Welt gesehen. Allein deren Existenz nachzuweisen ist ein mühevolles Unterfangen, das bislang nur auf indirektem Wege möglich ist. Planeten bringen es auf gerade einmal ein Hundertmillionstel der Leuchtkraft des Sterns, den sie umkreisen. Selbst unseren besten Teleskopen gelingt es nicht, ein so schwaches Leuchten inmitten der gleißenden Helligkeit auszumachen, die von einem höchstens eine Bogensekunde entfernten Objekt ausgeht.

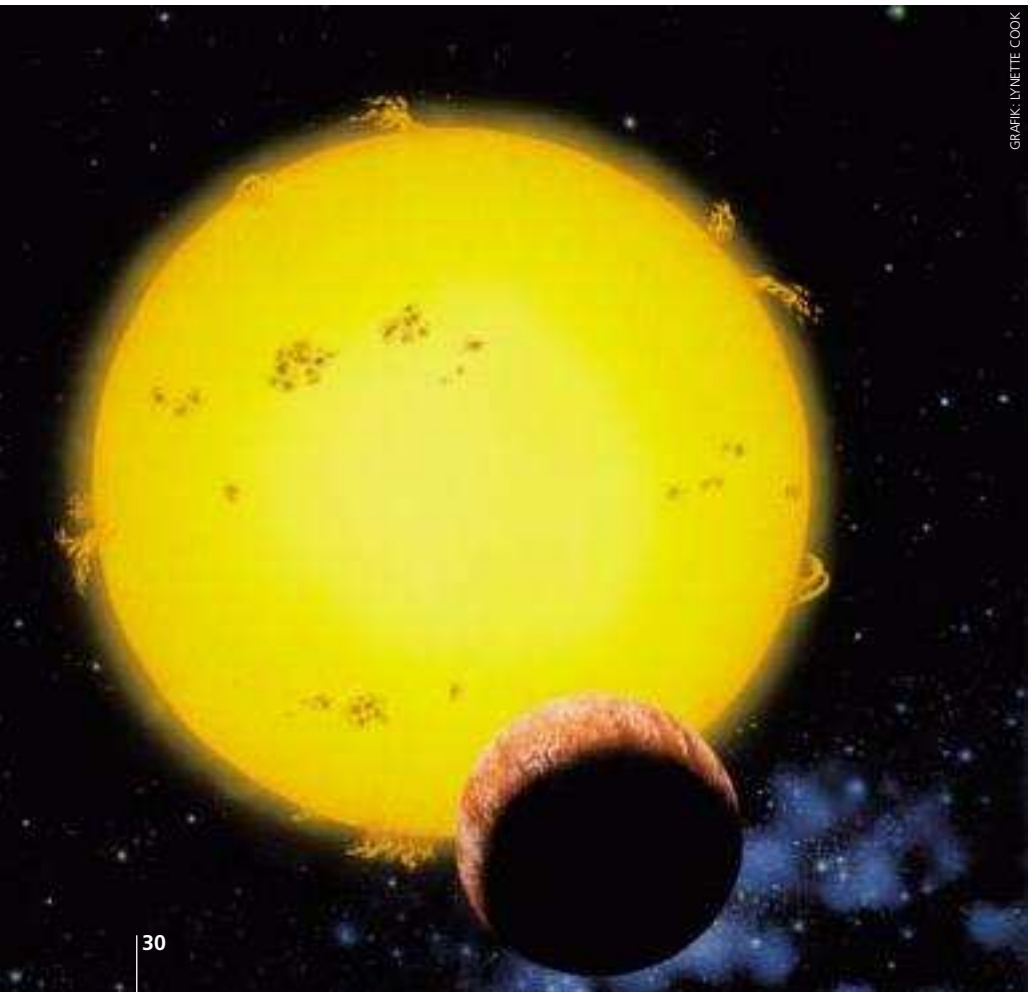
Außerirdische auf Sendung?

Mit dieser 26-Meter-Radioantenne in Green Bank sollte Projekt Ozma fremde Zivilisationen aufspüren. Schon 1922 hatte der Radiowellenpionier Guglielmo Marconi dasselbe versucht und seine Antennen auf den Mars gerichtet.



MIT FREUNDLICHER GENEHMIGUNG VON RON MONK, NRAO

Die Entdeckung des ersten extrasolaren Planeten im Jahr 1995 verkündeten Forscher von der Sternwarte Genf. Er umkreist den Stern 51 Pegasi und wurde mithilfe der Radialgeschwindigkeitsmethode entdeckt. Mit diesem Verfahren spürten Planetenjäger inzwischen über hundert Exoplaneten auf.



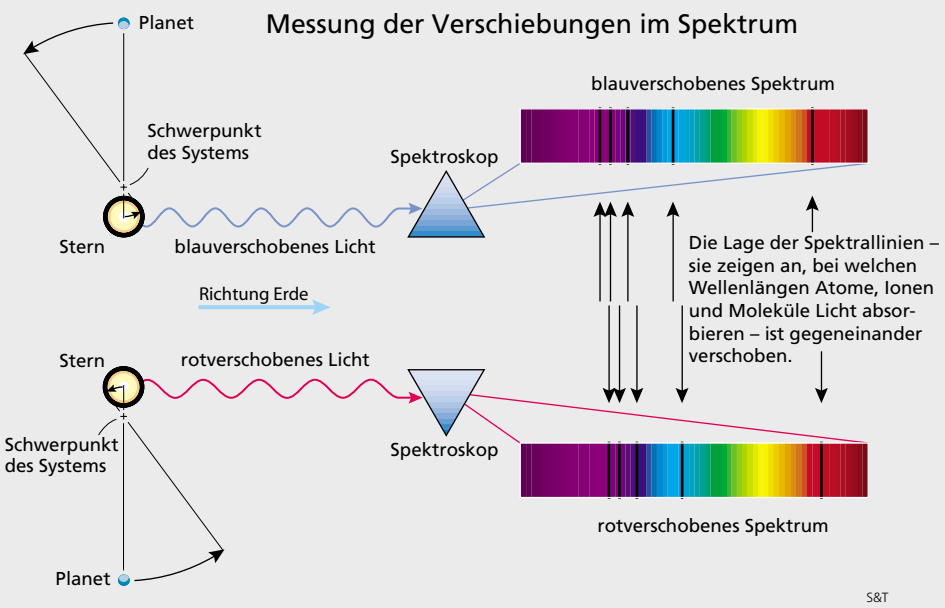
GRAFIK: LYNETTE COOK

Planeten auf der Spur

Die mit Abstand erfolgreichste Methode zum indirekten Nachweis ist die Radialgeschwindigkeits- oder Doppler-Methode. Sie misst die Radialgeschwindigkeit eines Sterns, die Geschwindigkeit also, mit der er sich auf die Erde zu oder von ihr weg bewegt. Zerrt an diesem Stern die Schwerkraft eines ihn umkreisenden Planeten, so schwankt die Radialgeschwindigkeit – ein Effekt, der im Spektrum des Sterns nachweisbar ist (zur Doppler-Methode siehe AH Mai/Juni 2003, S. 12 und Glossar S. 20).

Den ersten extrasolaren Planeten – er umkreist den Stern 51 Pegasi – entdeckten die Astronomen Michel Mayor und Didier Queloz von der Sternwarte Genf im Jahr 1995. Heute sind schon 107 Planeten außerhalb unseres Sonnensystems bekannt. Rund hundert davon haben Planetenjäger mit der Radialgeschwindigkeitsmethode aufgespürt, siebzig Entdeckungen gehen allein auf das Konto von Geoffrey Marcy von der University of California in Berkeley und R. Paul Butler von der Carnegie Institution of Washington. Erdähnliche Planeten sind bisher nicht darunter. Die meisten der Funde sind Gasriesen ähnlich wie Jupiter oder auch so genannte heiße Jupiter, die ihre Sterne auf sehr engen Umlaufbahnen umkreisen und dabei auf Tempera-

Die Schwerkraft eines Planeten lässt sein Zentralgestirn schwach »taumeln«, sodass dessen Geschwindigkeit relativ zur Erde schwankt. Dadurch kommt es zu periodischen Doppler-Verschiebungen im Spektrum des Sterns. Aus genauen Messungen dieser Verschiebungen können die Astronomen die Massen und Abstände der unsichtbaren Begleiter bestimmen.



turen von über 600 Grad Celsius aufgeheizt werden. Im Kosmos sind sie zwar nicht allzu häufig, lassen sich aber leicht entdecken, denn sie beeinflussen die Radialgeschwindigkeit ihres Sterns besonders stark. Außerdem wird ihr Einfluss binnen kurzer Zeit erkennbar, da ihre Umlaufzeiten nur Tage oder Monate betragen.

Künftige Satellitenmissionen dürften Tausende, wenn nicht gar Zehntausende weiterer Exoplaneten aufspüren. Einige von ihnen werden die Schwankungen der Geschwindigkeit eines Sterns senkrecht (statt waagerecht) zur Blickrichtung vermessen. So lassen sich massereiche Planeten auf besonders weiten Umlaufbahnen um ihren Stern entdecken. Je größer der Abstand dieser Trabanten von ihrem Stern, desto weiter ist der gemeinsame Schwerpunkt der beiden Himmelskörper vom Zentrum des Sterns entfernt und desto auffälliger ist dessen Bewegung um diesen Schwerpunkt. Mit der Entfernung wächst aber auch die Dauer, die ein Umlauf benötigt, sodass für diese Methode jahrelange Messungen der Sternpositionen, so genannte astrometrische Messungen, durchgeführt werden müssen.

Die Vorbereitungen dafür sind allerdings ins Stocken geraten: Die Nasa-Mission Sim (»Space Interferometry Mission«) wird erst 2009, drei Jahre später als geplant, starten, und das Interferometer Gaia (»Global Astrometric Interferometer for Astrophysics«) der europäischen Raumfahrtorganisation Esa hebt möglicherweise erst 2012 ab. Die Nasa-Mission Fame wurde bereits abgesagt.

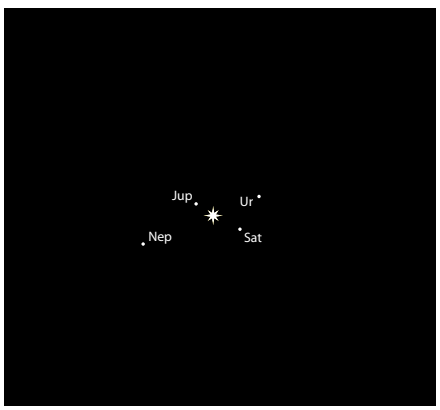
Zehntausend Sterne überwachen

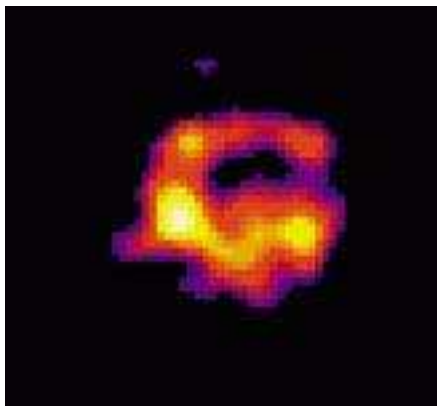
Derweil tüfteln die Astronomen an anderen Nachweisverfahren wie der »Transitmethode«. Sie funktioniert nur dann, wenn wir zufällig genau von der Seite auf die Bahnebene eines Planeten blicken. Von der Erde aus gesehen, zieht er dann bei jedem Umlauf um seinen Stern einmal vor diesem vorüber und schwächt dessen Licht. Ab 2006 soll der Nasa-Satellit Kepler darum die Helligkeit Zehntausender von Sternen überwachen und so Hunderte neuer Planeten aufspüren, darunter auch Exemplare, die nur so groß wie die Erde sind. Schon ein Jahr zuvor wird eine europäische Mission unter französischer Führung starten: Corot (»Convection Rotation and Planetary Transits«) soll erste Erfahrungen mit der Transitmethode sammeln und den Boden für Eddington bereiten. Dieser Esa-Satellit soll ab 2009 Planeten bis zur Größe von Mars entdecken, die also nur die Hälfte des Erddurchmessers aufweisen. Eine halbe Million Sterne wird er hierzu überwachen, 50000 davon sollen sogar auf ihre Zusammensetzung hin analysiert werden.

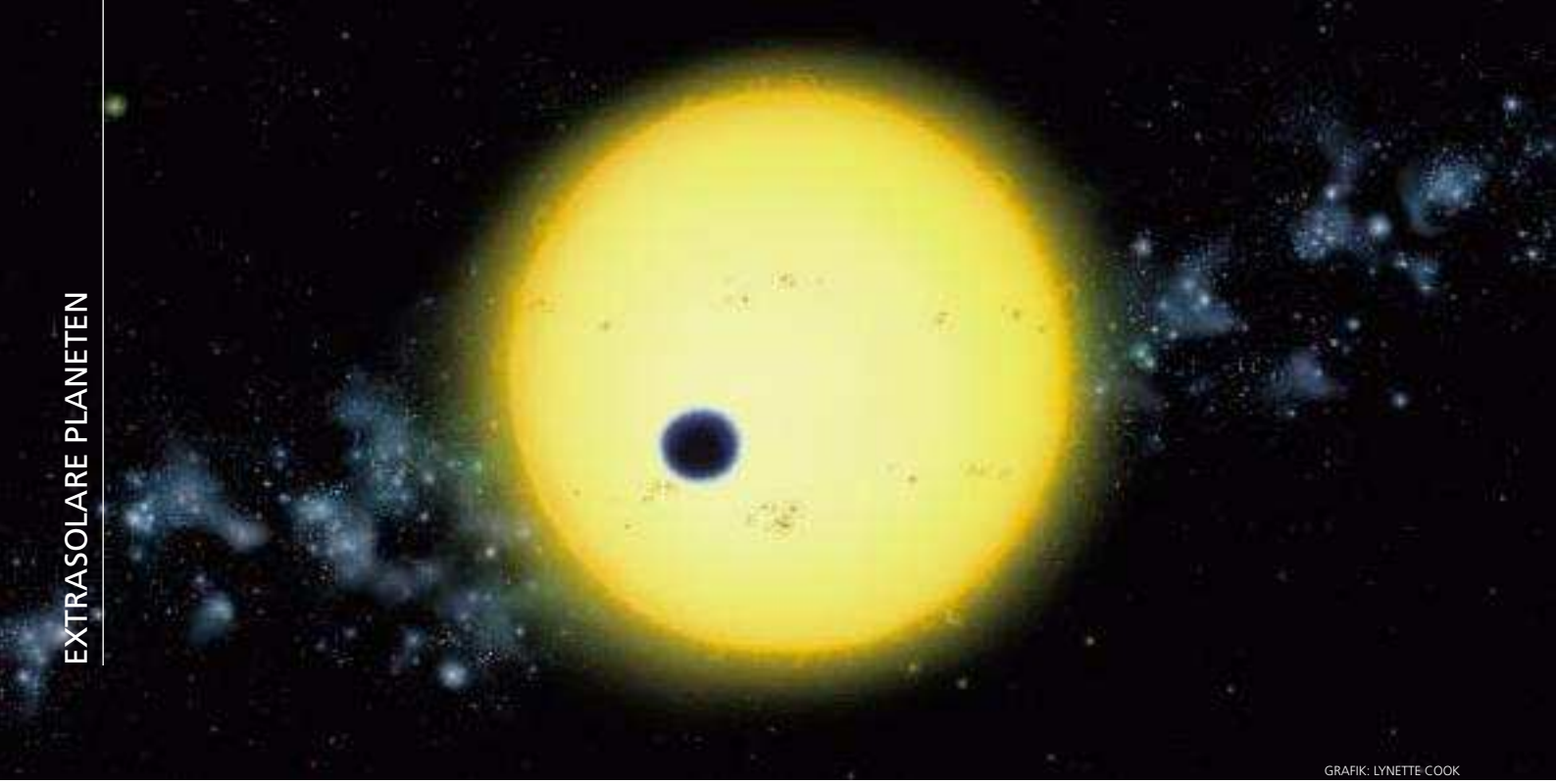
Doch schon in diesem Jahr vermeldeten Astronomen die ersten Funde mit der Transitmethode: zwei Planeten um die Sterne OGLE-TR-3 und OGLE-TR-56 (siehe AH Mai/Juni 2003, S. 12). OGLE-TR-56b in 5000 Lichtjahren Entfernung ist sogar das bisher fernste Exemplar seiner Art. Zuvor wurden Exoplaneten nur bis in maximal 400 Lichtjahren Entfernung von der Erde nachgewiesen.

Und wie steht es nun mit Planeten um Epsilon Eridani? Der unscheinbare Stern 3,7ter Größe im Wintersternbild Eridanus hat zwei Drittel des Sonnendurchmessers, leuchtet nur ein Drittel so stark, >

Die kalte Staubscheibe (rechts) um ε Eri gleicht dem Kuiper-Gürtel in unserem Sonnensystem (links). Ähneln sich die beiden Systeme also? Die Staubscheibe wurde bei einer Wellenlänge von 850 Mikrometern mit der Scuba-Kamera des James-Clerk-Maxwell-Teleskops auf dem Gipfel des Mauna Kea auf Hawaii aufgenommen.







GRAFIK: LYNETTE COOK

Eine seltene Ausnahme: Wir blicken genau von der Seite auf die Bahn eines Planeten, der um den Stern HD 209458 im Sternbild Pegasus kreist. Bei jedem Umlauf zieht er dabei, von der Erde aus gesehen, vor seinem Zentralgestirn vorüber und schwächt dessen Licht geringfügig. Alle 3,5 Tage ist die Strahlung des Sterns während mehrerer Stunden um 1,6 Prozent verringert.

> und seine Oberflächentemperatur ist mit 4900 Grad Celsius etwa 600 Grad Celsius niedriger als die der Sonne. Mit seinem Alter, das auf eine halbe bis eine Milliarde Jahre geschätzt wird, ist er erheblich jünger als unser fünf Milliarden Jahre altes Zentralgestirn und dreht sich daher noch schneller um sich selbst als die Sonne. Die Folgen sind noch höhere magnetische Aktivität und große Sternenflecken (vergleiche »Die Solar-Stellar-Connection«, AH Mai/Juni 2003, S. 32).

Ein erstes Indiz für planetare Begleiter von Epsilon Eridani lieferten die kanadischen Astronomen Bruce Campbell und Gordon Walker im Jahr 1980, als sie Messungen der Radialgeschwindigkeit durchführten. Allerdings waren ihre spektroskopischen Daten zu ungenau, um endgültige Schlüsse ziehen zu können. Dann empfing der Infrarotsatellit Iras im Jahr 1983 unerwartet viel Infrarotstrahlung von Epsilon Eridani. Sterne mit einem solchen »Infrarotexzess« sind von Staub umhüllt, der sich im Sternlicht erwärmt und dann Wärmestrahlung abgibt. Im Fall von Epsilon Eridani ist der Staub in einer flachen Scheibe um den Stern verteilt, ähnlich dem Kuiper-Gürtel jenseits von Neptun in unserem eigenen Sonnensystem. War dies der entscheidende Hinweis auf ein Planetensystem?

Im Jahr 1998 fand Jane Greaves vom Joint Astronomy Center auf Hawaii neues Beweismaterial: Als sie mit dem 15 Meter großen James-Clerk-Maxwell-Submillimeter-Teleskop auf dem Mauna Kea Untersuchungen durchführte, entdeckte sie eine ringförmige Struktur mit einem Loch von der Größe unseres Sonnensystems in der Mitte. In diesem Loch, so vermutet sie, bildeten sich wahrscheinlich Planeten, indem sie den Staub aus ihrer Umgebung aufsammelten und so den Raum »leerfegten«. Außerdem entdeckte sie einen hellen Knoten im Staubring, eine Materieverdichtung, die möglicherweise durch die Schwerkraft eines großen Planeten hervorgerufen wurde. Wenn es diesen tatsächlich gibt, so zieht er fast an der Grenze des Rings seine Bahn, rund dreißig Astronomische Einheiten – das ist der dreißigfache Abstand zwischen Erde und Sonne – von seinem Zentralstern entfernt.

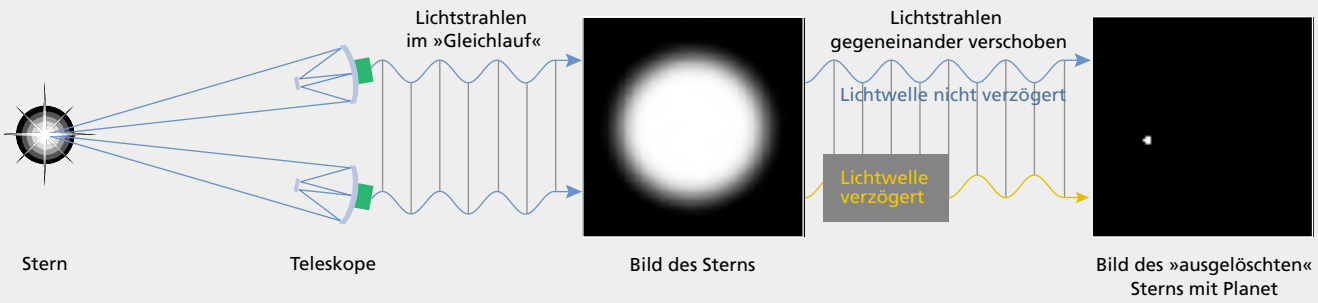
Erfolg einer langen Suche

Leider lässt sich ein Planet mit einem so großen Bahnradius – er entspricht etwa dem Abstand zwischen Neptun und Sonne – mit den heutigen Verfahren nicht nachweisen, sodass die Astronomen ihre Aufmerksamkeit auf Planeten in engeren Umlaufbahnen um Epsilon Eridani richteten.

Mit Erfolg: Am 7. August 2000 gaben William Cochran und Artie Hatzes vom McDonald Observatory in Texas (Hatzes ist mittlerweile Direktor der Thüringer Landessternwarte Tautenburg und Professor für Astronomie an der Friedrich-Schiller-Universität Jena) die Entdeckung eines jupitergroßen Planeten um Epsilon Eridani mit einer Umlaufzeit von 6,9 Jahren bekannt. Bei einem Gewicht von mindestens 0,8 Jupitermassen schwankt sein Abstand von Epsilon Eridani zwischen 1,3 und 5,3 Astronomischen Einheiten – in unserem Sonnensystem würde sein Orbit von knapp innerhalb der Marsbahn bis knapp außerhalb der Jupiterbahn reichen.

Die Fachwelt reagierte jedoch skeptisch auf die Entdeckung. Denn nicht nur die Anwesenheit eines Planeten, auch die magnetische Variabilität des Sterns könnte das beobachtete Spektrum erklären. Der Pionier unter den Planetenjägern, Michel Mayor, kommentierte den Fund gar mit den Worten: »Von allen bekannten extrasolaren Planeten überzeugt der um Epsilon Eridani am wenigsten.«

Nach wie vor fehlt also ein endgültiger Beweis. Wie aber könnte dieser aussehen? Die Transitmethode scheidet aus: Es ist unwahrscheinlich, dass die Umlaufbahn genau in unserer Sichtlinie verläuft. Am meisten Erfolg verspricht die älteste



Strategie, um extrasolare Planeten nachzuweisen: Mittels astrometrischer Methoden ließe sich messen, wie die Schwerkraft des Planeten seinen Zentralstern nach einem halben Umlauf, also nach über drei Jahren, um zwei Millibogensekunden verrückt hat. William Cochran glaubt, dass »diese Genauigkeit vermutlich in Reichweite heutiger Weltraumteleskope liegt«. Mithilfe von adaptiver Optik könnten sogar terrestrische Astrometrieprogramme diese Aufgabe meistern.

Doch was wäre, wenn einfach jemand ein Foto des Planeten machte? Immerhin handelt es sich um einen großen Gasplaneten in nicht allzu großer Entfernung. Von der Erde aus gesehen ist er etwa eine Bogensekunde von seinem Stern entfernt. Ein Abstand, der eigentlich leicht aufzulösen ist, wäre nicht der Stern so hell und der Planet so leuchtschwach: Ist Letzterer ein Zwilling von Jupiter, dann leuchtet er gerade einmal mit einer Helligkeit zwischen 24. und 25. Größe. Selbst das Weltraumteleskop Hubble, mit seinem vergleichsweise kleinen Hauptspiegel, kann da wenig ausrichten.

Dennoch ist die Situation nicht hoffnungslos. Denn Planetenjäger führen ihre Beobachtungen nicht im optischen Bereich, sondern im nahen oder mittleren Infrarot durch. Bei diesen Wellenlängen strahlen Planeten heller und Sterne erheblich schwächer – das Kontrastproblem verringert sich deutlich. Hinzu kommt, dass im infraroten Bereich des Spektrums die meisten Spektrallinien von atmosphärischen Gasen liegen.

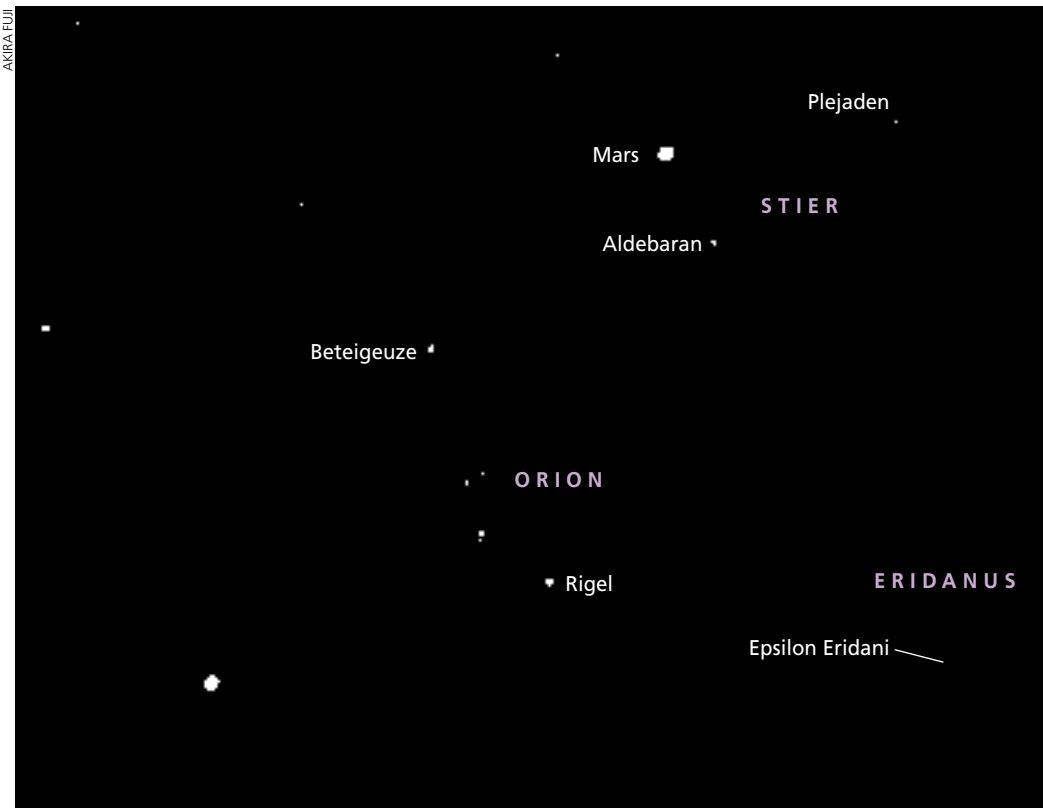
Und noch etwas lässt diesen Spektralbereich so attraktiv erscheinen: »Wenn Planeten jung sind, bewahren sie noch die Wärme aus ihrer Entstehungsphase«, erklärt Bruce Macintosh vom kalifornischen Lawrence Livermore National Laboratory, »deshalb leuchten sie im Infraroten.« Er und seine Kollegin Denise Kaisler von der University of California in Los Angeles setzen daher auf die adaptive Optik der Keck-Zwillingsteleskope auf Hawaii.

Mit ihrer Hilfe versuchen sie, junge Planeten von der Masse des Jupiters in einem Abstand von zwanzig Astronomischen Einheiten bei bis zu 200 Lichtjahre entfernten Sternen ausfindig zu machen. »Wenn es junge Riesenplaneten in weiten Umlaufbahnen gibt, dann können wir sie jetzt nachweisen«, ist Macintosh überzeugt. »Wir müssen uns nur genug Sterne anschauen.«

Dem Stern das Licht ausknipsen

Andere Astronomen vertrauen lieber interferometrischen Verfahren. Diese kombinieren das Licht mehrerer Teleskope so miteinander, dass sich die Wellenberge und -täler der Strahlung gegenseitig verstärken oder aufheben können. Normalerweise nutzt man die Interferometrie zur Verstärkung schwacher Signale. Auf der Suche nach Exoplaneten ist der gegenteilige Effekt nützlich: Dank der Auslöschungsinterferometrie (»nulling interferometry«) löschen sich die Lichtstrahlen eines hellen Sterns gegenseitig aus – schwächere Objekte in seiner Um- >

Wenn man zwei Teleskope zusammenschaltet, die auf denselben Stern ausgerichtet sind, lässt sich das helle Licht des Sterns »auslöschen«. Dazu muss man die beiden Wellenzüge der empfangenen Strahlung so gegeneinander verschieben, dass Wellenberg auf Wellental trifft. Gelingt dies, werden dunklere Objekte in der Umgebung des Sterns sichtbar.



Mit dem bloßen Auge lässt sich ε Eri aufspüren, seine Helligkeit beträgt 3,7te Größe. Auf dieser Aufnahme steht Mars als heller Planet im benachbarten Sternbild Stier.

Auf zu fernen Welten: Der Nasa-Satellit Sim (links) und die Esa-Mission Darwin (rechts) werden interferometrische Methoden für die Planetensuche nutzen. Mit Gaia (Mitte) setzen die Europäer auch auf die Astrometrie.

> gebung werden sichtbar. Im Jahr 2006 wollen die Esa und die Europäische Südsternwarte Eso diese aufwändige Technik am Very Large Telescope in Chile einsetzen: Dort soll Genie, das »Ground-based European Nulling Interferometer Experiment«, installiert werden. Genie wird zunächst eine Liste jener Sterne erstellen, in deren Umgebung die Existenz eines erdähnlichen Planeten am wahrscheinlichsten ist.

Eine einfachere Alternative bietet die Koronografie. Dabei blockiert eine winzige Maske im Teleskop das Sternlicht, um den schwach leuchtenden Planeten sichtbar zu machen. Gemeinsam mit einer Gruppe von Wissenschaftlern hat den Forscher John Trauger vom Jet Propulsion Laboratory (JPL) in Kalifornien der Nasa den Bau eines Weltraumkoronografen namens Eclipse vorgeschlagen. Dieser soll mit einem 1,8-Meter-Teleskop und einer koronografischen Kamera ausgestattet sein, bei der die störende Streuung und Beugung des Lichts auf ein Minimum reduziert ist. Damit ließe sich jeder jupitergroße Planet in dreißig Lichtjahren Entfernung aufspüren, vorausgesetzt, er ist dreimal so weit von seinem Stern entfernt wie die Erde von der Sonne. Sollte Eclipse tatsächlich gebaut werden, »ist Epsilon Eridani mit Sicherheit einer der ersten Sterne, mit denen wir uns beschäftigen«, kündigt Trauger an.

Viele Astronomen glauben jedoch, dass die besten Kandidaten für Direktaufnahmen erst noch entdeckt werden müssen. Glücklicherweise stehen ihnen bald noch leistungsfähigere Instrumente zur Verfügung. Mit dem großen Atacama Large Millimeter Array (Alma) der Eso in Chile (siehe AH Mai/Juni 2003, S. 10), das seine Beobachtungen 2006 aufnehmen soll, sollen junge, heiße Riesenplaneten in bis zu einigen Dutzend Lichtjahren Entfernung aufgespürt werden. Drei Jahre später wird das James Webb Space Telescope, der Nachfolger von Hubble, die Suche nach der Infrarotstrahlung großer Exoplaneten in bis zu dreißig Lichtjahren Entfernung aufnehmen.

Kandidaten für Fototermin gesucht

Und schließlich gibt es noch die für Mitte des kommenden Jahrzehnts anvisierte Esa-Mission Darwin und das Nasa-Projekt TPF (»Terrestrial Planet Finder«). Falls die Amerikaner, die derzeit noch den Einsatz der Koronografie prüfen, sich wie die Esa für die Interferometrie entscheiden, werden beide Missionen vermutlich gemeinsam realisiert. Auf Basis der Vorarbeit von Genie könnte Darwin/TPF erdähnliche Planeten aufspüren und vielleicht sogar deren Spektren messen. Dann wird es richtig spannend: Vielleicht lassen sich in deren Atmosphären organische Moleküle nachweisen – oder gar Sauerstoff und Ozon, die noch beweiskräftigere Indizien für Leben sind.

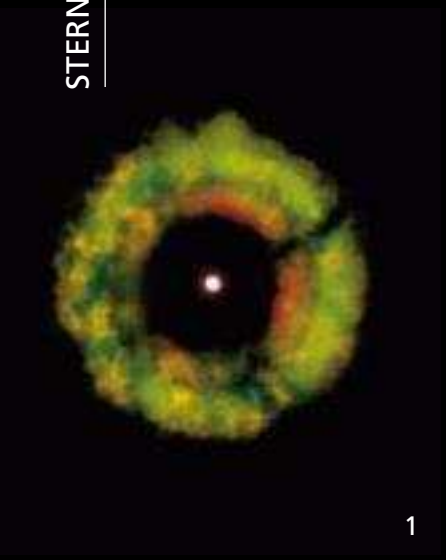
Bis es so weit ist, haben die Astronomen auf indirekte Weise vielleicht schon Tausende fremder Welten nachgewiesen. Neue Funde stehen schon deshalb bevor, weil die mit der Zeit immer länger werdenden Messreihen es erlauben, selbst Planeten mit sehr langen Umlaufzeiten aufzuspüren. Auch Epsilon Eridani bescherte der Astronomengemeinde kürzlich eine neue Entdeckung: Im Oktober 2002 fand man charakteristische Muster in seiner Staubscheibe, die auf einen weiteren Gasriesen mit einem Zehntel der Jupitermasse und einer Umlaufzeit von 280 Jahren schließen lassen.

Doch wie viele der Sterne am Himmel werden tatsächlich von erdähnlichen Planeten umkreist? »In zehn Jahren werden wir die Antwort wissen«, prophezeite der Exoplanetenpionier Geoff Marcy kürzlich in einem Interview. Wenn alle Parameter stimmen und die Planeten kreisförmige Umlaufbahnen im gerade richtigen Abstand zu ihrem Stern haben, könnten sie sogar die Voraussetzungen für Leben bieten.

Am einfachsten allerdings wäre es, wenn es dort bereits intelligente Wesen gäbe. Denn dann würden sich die Astronomen wie vor über vierzig Jahren wieder aufgeregt vor dem Kontrollgerät versammeln und versuchen, außerirdischen Radiosendungen zu lauschen. <<

Govert Schilling ist Redakteur von Sky & Telescope. Der niederländische Wissenschaftsjournalist hat viele Bücher zu astronomischen Themen verfasst, bald erscheint auch »Das Kosmos-Buch der Astronomie«.

MAN STIRBT NUR



1

2

3

HUBBLE EUROPEAN OUTREACH CENTER

Am 20. Februar 1996 suchte Yukio Sakurai nach Kometen. Dabei stieß er im Sternbild Schütze auf einen Riesenstern, der seinem nahenden Tod ein Schnippchen schlug.

>> Florian Kerber und Martin Asplund

Vielleicht kam sich der japanische Amateurastronom wie ein interstellarer Spion vor, als er beim Nordwestrand des offenen Sternhaufens M23 einen Stern 12. Größe aufspürte, den es dort den Atlanten zufolge nicht gibt. Eine kosmische Verschwörung? Der Japaner meldete seine Entdeckung an die IAU – kein Geheimdienst, sondern die Internationale Astronomische Union, die ihre Zentrale in Paris hat. Die wiederum informierte die Fachleute in aller Welt. Was Sakurai in dieser Nacht nicht zu träumen wagte: Er hatte den sich am schnellsten entwickelnden Stern aller Zeiten gefunden – der deshalb bald nach ihm benannt werden sollte.

Zu Anfang hielten die Experten das Objekt für eine Nova, also eine Explosion auf der Oberfläche eines Weißen Zwergs. Eine Nova erreicht ihre maximale Helligkeit innerhalb weniger Tage und wird dann im Laufe einiger Wochen langsam lichtschwächer. Gleich nach der IAU-Meldung begannen die Wissenschaftler mit der Observierung. Diese ergab, dass V 4334 Sagittarii, wie Sakurais Objekt offiziell heißt, über Wochen und Monate mit unveränderter Helligkeit strahlte. Das Rätsel wurde noch größer, als man im Spektrum keine Spur von Wasserstofflinien fand, die für Novae so typisch sind. Aber wenn es keine Nova war, was war es dann?

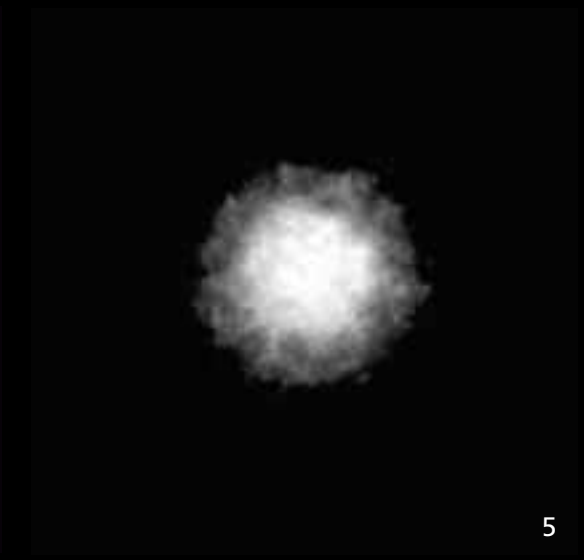
Statt Wasserstoff zeigte sich eine Vielzahl von Absorptionslinien von Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff. Außerdem entdeckten die Astronomen einen schwach leuchtenden Ring um den neuen Stern – fast wie bei einem Planetarischen Nebel. Deshalb sind die Fachleute heute davon überzeugt, dass Sakurais Objekt ein »wiederbelebter« Riese ist: ein sterbender Stern, der sich mit seinem verbliebenen Brennstoffrest ein letztes Mal auf überdimensionale Größe aufgebläht hat und somit sein nahendes Ende als »Sternleiche« noch einmal aufschieben konnte.

Für die Astronomen ist der Fund eine derzeit einzigartige Gelegenheit, die späten Phasen der Sternentwicklung in ihrem Verlauf direkt zu beobachten und dabei »live« mitzuverfolgen, wie durch Kernfusion aus Helium schwerere Elemente gebildet werden. Und viel wichtiger: Vielleicht können sie dadurch einen Blick auf die zukünftige Entwicklung unserer Sonne werfen.

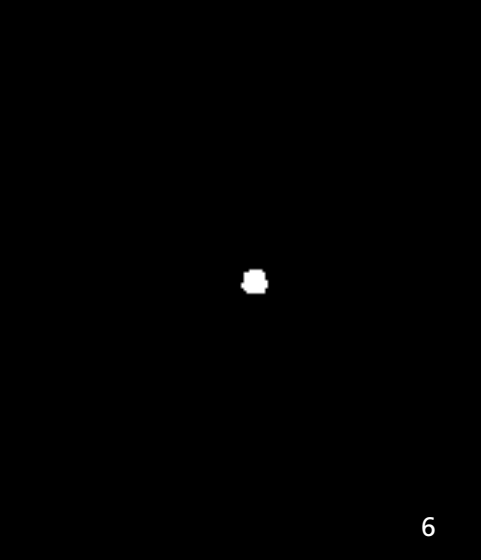
Wer das besondere Verhalten von Sakurais Objekt verstehen will, muss wissen, wie das Leben und Ableben eines Sterns normalerweise vor sich geht. Dies

ZWEIMAL

4



5



6

Vor der Entdeckung von Sakurais Objekt (1) gab es einen heißen Stern auf dem Weg zum Weißen Zwerg inmitten eines Planetarischen Nebels. Kurz nach dem letzten Heliumblitz (2) blähte er sich zu einem Riesenstern auf. Innerhalb des folgenden Jahres (3) wurde er noch kälter und fing an, Staub zu bilden. 1998 (4) verschwand die Sternoberfläche gänzlich hinter dem Staub. In einigen Jahrzehnten (5) wird Sakurais Objekt seine Zeit als wiedergeborener Riese beenden und sich erneut zu einem Weißen Zwerg entwickeln (6).

lässt sich am besten mit einem Hertzsprung-Russel-Diagramm, kurz »HRD« oder »H-R-Diagramm«, veranschaulichen (siehe Kasten Seite 38). Wenn sich die Eigenschaften des Sterns ändern, bewegt er sich auf ganz bestimmten Kurven durch dieses Schaubild. Dazu benötigt er aber Millionen oder gar Milliarden von Jahren – so ist es in einem Menschenleben nicht möglich, ihn durch das Diagramm wandern zu sehen.

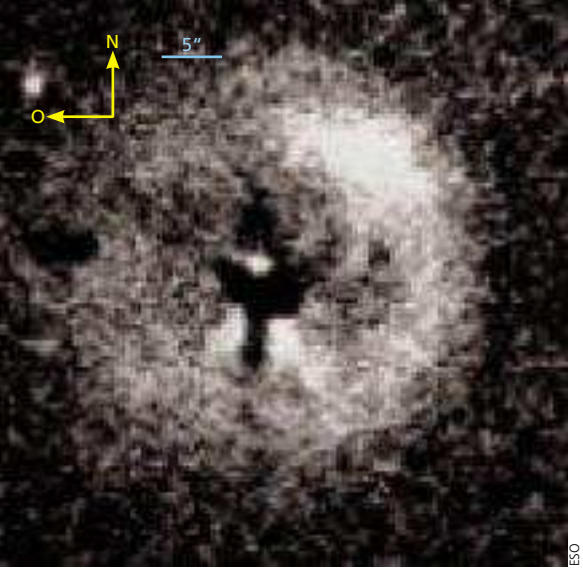
Sakurais Objekt teilt das Schicksal aller Sterne mit einem Geburtsgewicht von weniger als acht Sonnenmassen, die ihr Leben nicht als Supernova-Explosion, sondern als Weißer Zwerg beenden. Sterne beginnen ihr Leben irgendwo rechts von der diagonalen geschwungenen »Hauptreihe« des H-R-Diagramms. Wenn die Kernfusion von Wasserstoff zu Helium einsetzt, bewegt sich der Stern auf die Hauptreihe zu und erreicht sie, wenn sich Umfang und Oberflächentemperatur der Energieerzeugung in seinem Innern angepasst haben und die Fusion stabil läuft. Seine genaue Position auf der Hauptreihe hängt letztendlich allein von seiner Masse ab und er verweilt dort für den Großteil seines Lebens.

Im Hauptquartier der Sterne

Die Sonne steht dort seit fast fünf Milliarden Jahren und der Brennstoff reicht voraussichtlich für weitere sieben Milliarden Jahre. Sterne mit mehr Masse als die Sonne leuchten heller, weil sie ihren Vorrat an Wasserstoff schneller verbrauchen; daher entwickeln sie sich auch rascher.

Wenn schließlich fast der gesamte Wasserstoff im Kern in Helium umgewandelt ist, findet die Fusion in einer Kugelschale um den Kern herum statt, in der es noch genug Wasserstoff gibt. Ohne Energiequelle im Kern kann dieser dem auf ihm lastenden Gewicht nicht mehr standhalten – er schrumpft und erhitzt sich. Die äußeren Schichten des Sterns dehnen sich aus und seine Oberfläche kühlt auf etwa dreitausend Grad ab. Der Stern ist zu einem Roten Riesen mit einem Dutzendfachen des ursprünglichen Durchmessers geworden. Durch die Zunahme seiner Oberfläche steigt seine Leuchtkraft. Im H-R-Diagramm wandert er nach rechts und gleichzeitig aufwärts.

Unterdessen schrumpft der Kern unter ständigem Aufheizen und Verdichten weiter. Sobald er hundert Millionen Grad erreicht hat, verschmilzt Helium, die »Asche« der Wasserstofffusion, zu Kohlenstoff und Sauerstoff. Diese Fusion zündet explosionsartig – man spricht vom »ersten Heliumblitz«, der die äuße- >



ESO

Der schwache Planetarische Nebel ist hier gut zu sehen, weil der Stern herausretuschiert wurde.

> ren Schichten des Sterns aufwirbelt. Das Gas dehnt sich aus, die Dichte sinkt und die Fusion in der Wasserstoffschale kommt zum Erliegen.

Die Heliumfusion im Kern ist zwar eine verlässliche Energiequelle, liefert aber im Vergleich zum Wasserstoffbrennen nur ein Zehntel der Energie. So wird das Helium zehnmal schneller verbraucht. Ist der Kern ausgebrannt, wandert die Energieproduktion wieder als Schale nach außen. Der Stern bläht sich erneut auf und wird noch heller. Er ist jetzt ein roter Überriese, hundertmal größer als auf der Hauptreihe.

Im H-R-Diagramm ist der Stern jetzt auf dem asymptotischen Riesenast (»Asymptotic Giant Branch«, AGB) angekommen und seine Tage als aktiver Stern sind gezählt. Am Ende seines Daseins geht der verbleibende Brennstoff immer schneller zur Neige.

Im weiteren Verlauf seiner Entwicklung auf dem AGB übernehmen abwechselnd die Wasserstoff- und Heliumschalen die Rolle des Energielieferanten, während der Kern, der nun hauptsächlich aus Kohlenstoff und Sauerstoff besteht, sich nicht mehr an der Energieproduktion beteiligt. Die darüber liegende Wasserstoffschale produziert Helium, das nach innen sinkt und sich in der darunter liegenden Schale ansammelt. Wenn Dichte und Temperatur in dieser Heliumschale ausreichend groß geworden sind, zündet der nächste Heliumblitz. Nach ungefähr tausend Jahren kommt dann wieder das Wasserstoffschalenbrennen an die Reihe, bis es nach weiteren hunderttausend Jahren durch den nächsten Heliumblitz abgelöst wird. So ist zu jedem Zeitpunkt der Riesenphase entweder die Wasserstoff- oder die Heliumfusion aktiv.

Im Angesicht des Todes

Diese Prozedur verlängert zwar das Leben des Sterns, macht ihn aber auch instabil und lässt ihn pulsieren. Zudem wirbeln die Heliumblitze schwerere chemische Elemente aus dem Innern an seine Oberfläche und stoßen Teile der Sternmasse ab. Der Riese verliert dadurch dreißig bis achtzig Prozent seiner Masse, zurück bleibt nur ein Sternrumpf: ein Kern aus Kohlenstoff und Sauerstoff, umgeben von einer dünnen Heliumschale und einer noch feineren Schicht Wasserstoff.

Da der Reststern schrumpft und sich erhitzt, verlässt er den asymptotischen Riesenast. Sobald er eine Temperatur von 30 000 Grad erreicht, kann sein Licht die weggeschleuderten Schichten ionisieren, sodass diese als Planetarischer Nebel sichtbar werden. Während dieser Phase wird auch der letzte verbliebene Brennstoff verbraucht und der Sternrest zu einem leuchtschwachen Weißen Zwerg unten links im H-R-Diagramm – ein extrem dichter Aschestern, der wie ein glimmendes Brikett über Jahrmilliarden langsam erlischt.

Diese Entwicklung gilt für »normale« Sterne. Doch was passiert, wenn der Stern sich »wehrt«? Wenn er auf seinem Weg zum Weißen Zwerg die kritische Masse für das Zünden der Heliumschale ein letztes Mal überschreitet, kann der Stern dem Tod noch einmal von der Schippe springen. Genau das ist bei Sakurais Objekt passiert.

Der »finale Heliumblitz« belebt den Stern und verschafft ihm quasi eine neue kräftige Energieversorgung – eine neue Lizenz zum Leben. Seine Helligkeit steigt dramatisch an und er bläht sich gewaltig auf. Binnen weniger Monate rast er quer über das H-R-Diagramm, bis er als Überriese in einem triumphalen Comeback erneut den AGB erreicht.

Aber ist der Heliumblitz ein echter Jungbrunnen? Nein, nicht wirklich. Nach nur etwa hundert Jahren – weniger als ein Wimpernschlag in kosmischem Maß-

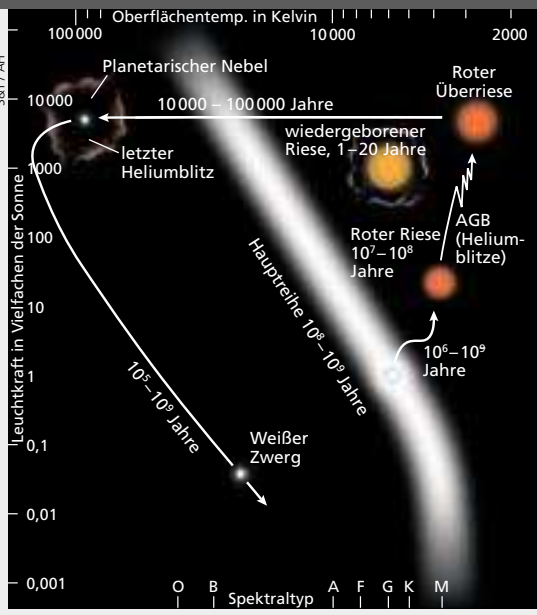
Das Hertzsprung-Russell-Diagramm (»HRD« oder »H-R-Diagramm«)

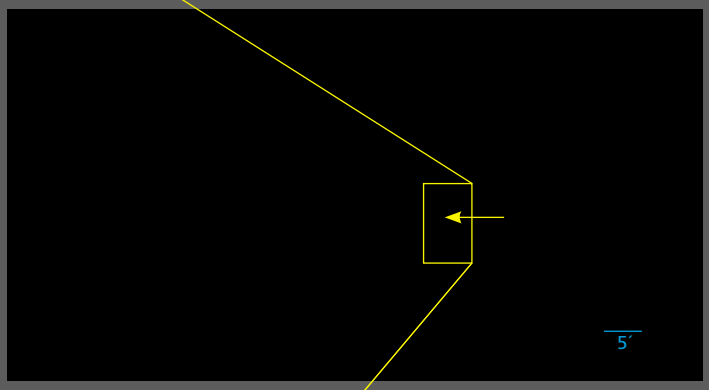
Der US-Amerikaner Henry Norris Russell entwickelte 1913 auf Grundideen des Dänen Ejnar Hertzsprung das bekannte Schaubild, das auch Farben-Helligkeits-Diagramm (»FHD«) genannt wird. In ihm werden Sterne nach ihrer Oberflächentemperatur in Kelvin beziehungsweise ihrer Spektralklasse oder Farbe auf der x-Achse und ihrer Leuchtkraft relativ zu der der Sonne auf der y-Achse eingezeichnet. Die Mehrzahl aller Sterne liegt auf der so genannten Hauptreihe.

Massearme Sterne verbringen dort Milliarden Jahre, bevor sie sich zu einem Roten Riesen ausdehnen. Im weiteren Verlauf ihrer Entwicklung verlieren sie in einer Serie von Heliumblitzen einen Großteil ihrer Masse, bilden einen Planetarischen Nebel und kühlen schließlich zu einem Weißen Zwerg aus.

Sakurais Objekt hingegen zündete auf dem Weg zum Weißen-Zwerg-Stadium einen weiteren Heliumblitz. So konnte er sein Ableben verzögern, blähte sich noch einmal zu einem Riesen auf und schleuderte erneut Masse aus.

Im Diagramm ist für jede Entwicklungsphase die Dauer in Jahren angegeben (10^6 = 1 Million Jahre, 10^9 = 1 Milliarde …). Auf der x-Achse lässt sich die Oberflächentemperatur in Kelvin ablesen, das sind jeweils 273,15 Grad mehr als auf der Celsiusskala.





ESO / HUBBLE EUROPEAN OUTREACH CENTER

BEIDE FOTOS: MIT FREUNDLICHER GENEHMIGUNG VON YUKIO SAKURAI

Yukio Sakurai entdeckte den Stern in der Aufnahme rechts oben bei den Koordinaten $17^h52^m33{,}7^s$ und –17°41′08″ mit einer scheinbaren Helligkeit von 11,4ter Größe. Im April 2001 hatte der Stern nicht einmal mehr 20. Größe, das ist fast 4000-mal leuchtschwächer als 1996. Der hellste Stern im Bild links hat 10,7te Größe.

stab – ist auch der letzte Brennstoff verbraucht und der Stern macht sich in seinen eigenen Fußstapfen wieder auf den Weg ins Reich der Weißen Zwerge. Diesmal wird es kein Zurück geben.

Sakurais Objekt ist das einzige seiner Art, das derzeit in dieser Phase beobachtet werden kann. Die Astronomen haben bislang wohl nur einen einzigen anderen Stern in dieser Phase erwischt: V 605 Aquilae (im Adler, »Aql«). Und das war im Jahr 1919! Die vermeintliche Seltenheit liegt aber nur an der Kürze dieser Eskapade – theoretisch sollte ein Fünftel aller Sterne von einer bis acht Sonnenmassen ein Abenteuer à la Sakurai erleben. So gesehen ist dieser letzte Heliumblitz ein normaler Teil der Sternentwicklung.

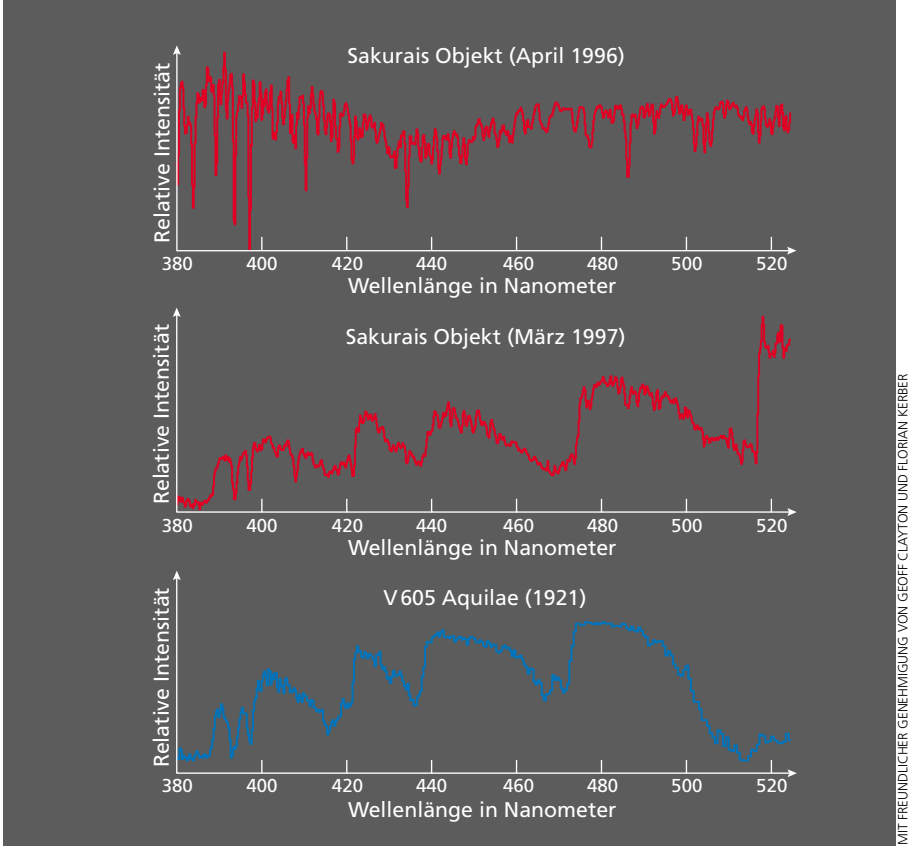
Glücklicherweise kann man einen Stern bei seinem zweiten Besuch auf dem AGB von den vielen Neuankömmlingen dort leicht unterscheiden. Das stärkste Indiz dafür, dass Sakurais Objekt ein wiedergeborener Stern ist, ist der Planetarische Nebel um ihn herum. Dieser ist das Corpus Delicti und beweist, dass der Stern bereits einmal auf dem Weg zum Weißen Zwerg war. Außerdem zeigt das Spektrum des Sterns eine starke Verarmung an Wasserstoff: ein klares Indiz, dass er in einer früheren Überriesenphase seine äußeren Schichten abgeblasen hat. Für den Astrophysiker ist Sakurais Objekt damit so auffällig wie ein Aston Martin auf einem Parkplatz voller Kleinwagen.

Am spannendsten an Sakurais Objekt sind die dramatischen Veränderungen seiner Größe, Helligkeit und Oberflächentemperatur im Laufe von Monaten oder sogar nur Wochen. Von Anfang an erregte das Spektrum mit den vielen Absorptionslinien von schwereren Elementen besondere Aufmerksamkeit. Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff sind im Übermaß vertreten, Wasserstoff dagegen ist nur in Spuren vorhanden. Eine genauere Analyse brachte dann etwas sehr Aufregendes zu Tage: Die Sternoberfläche verändert sich! Die dort entstehenden ohnehin schon schwachen Wasserstofflinien werden immer schwächer. Dafür kommen Linien von Elementen wie Scandium, Rubidium, Yttrium, Zirkonium, Barium und Zinn zum Vorschein. Auch dies ist eine direkte Folge des Heliumblitzes, der Wasserstoff entfernt: Er wird von der Oberfläche nach innen transportiert, während mit schwereren Elementen angereichertes Material aus dem Sterninnern nach außen gespült wird. So bietet Sakurais Objekt den Astronomen zum ersten Mal die Möglichkeit, die Kernreaktionen zu studieren, die viele der auf der Erde vorkommenden chemischen Elemente erzeugen.

Galaktischer Nebelwerfer

Sakurais Objekt stößt seine Masse äußerst ungleichmäßig ab: Die Materie wird in Form einzelner Staubwolken und Gasklumpen weggeschleudert und nicht als symmetrische Kugelschalen. Momentan sind die Wolken so dicht und undurchlässig, dass sie uns den Blick auf Sakurais Objekt verstellen und seine scheinbare Helligkeit stark herabsetzen.

Ein ganz ähnliches Verhalten sieht man in den sich wiederholenden Dunkelphasen in einer seltenen Art von ver- >



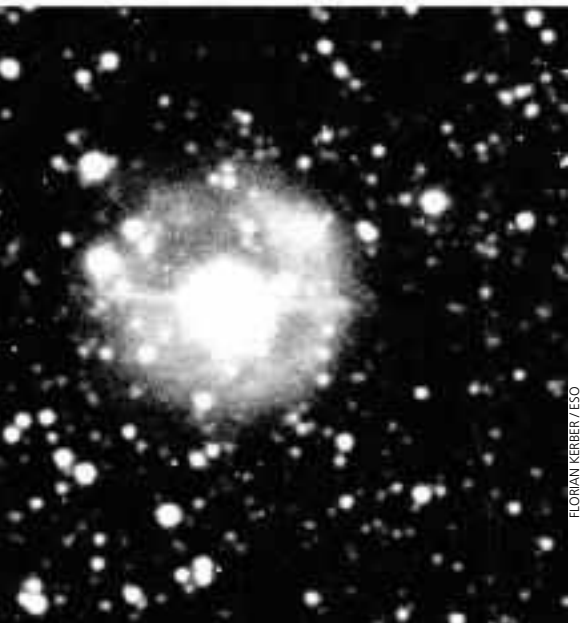
MIT FREUNDLICHER GENEHMIGUNG VON GEOFF CLAYTON UND FLORIAN KERBER

Spektren im sichtbaren Licht vom April 1996 (oben) und März 1997 (Mitte) sowie ein Spektrum von V 605 Aql aus dem Jahr 1921. Die Ähnlichkeit zwischen dem unteren und mittleren Spektrum ist ebenso frappierend wie die Veränderungen in den Spektren von Sakurais Objekt innerhalb eines einzigen Jahres.

> änderlichen Sternen, den R-Coronae-Borealis-Sternen (»R CrB«, siehe Krupps Corner, S. 92). Für Amateurastronomen sind sie besonders interessant, weil sie dichte Staubwolken produzieren, die – wenn sie auf der Sichtlinie liegen – das Sternlicht für Wochen oder Monate um bis zu acht Größenklassen abschwächen. Derzeit sind Staub und Gas um Sakurais Objekt so dicht, dass der Stern nicht einmal 20. Größe hat. Damit sind Beobachtungen seiner Oberfläche im sichtbaren Licht gegenwärtig unmöglich. Glücklicherweise kann man die weitere Entwicklung aber im infraroten Licht verfolgen, da dieses den Staub fast ungehindert durchdringt (siehe ASTRONOMIE HEUTE Mai/Juni 2003, S. 29).

Sakurais Objekt hat wichtige neue Einzelheiten der physikalischen Abläufe bei einem letzten Heliumblitz verraten. Da das Gas in dem umgebenden Nebel nur sehr langsam auf Veränderungen des Sterns reagieren kann, birgt es eine Art Gedächtnis für die Zeit vor dem Blitz. Durch eine Analyse des Nebels – eine Art astronomischer Autopsie – konnten die Forscher zeigen, dass Sakurais Objekt wirklich schon fast ein Weißer Zwerg war, umgeben von einem Planetarischen Nebel, ehe er durch den Heliumblitz wiederbelebt wurde. Das Gelernte hilft den Astrophysikern, weitere Kandidaten für den Verjüngungsblitz zu finden, und erleichtert auch das Verständnis von V 605 Aquilae. So ist heute unstrittig, dass dieser Stern einen zweiten, inneren wasserstoffarmen Nebel hat – das Hubble-Weltraumteleskop kann ihn gerade noch auflösen. Seine Größe und Ausdehnungsgeschwindigkeit legen nahe, dass sein Ursprung im Ausbruch von 1919 liegt. Der Stern tarnt sich immer noch mit einer dicken Staubhülle und ist daher so gut wie unsichtbar. Die jüngsten Messungen sprechen jedoch dafür, dass er sich bereits wieder in einen heißen Weißen Zwerg verwandelt, nur achtzig Jahre, nachdem er ein kühler, roter Überriese war. Somit ist klar, dass er seine eigene Vergangenheit ein zweites Mal durchlebt. Genau wie es die Theorie vorhersagt!

Der erste Massenauswurf erzeugte den hier sichtbaren wasserstoffreichen Nebel mit 32" Durchmesser. Das Bild wurde im März 1997 mit dem 2,5-m-du-Pont-Teleskop des Las Campanas Observatory in Chile durch einen H_α-Filter aufgenommen.



FLORIAN KERBER / ESO

2001 konnten Astronomen beobachten, dass sich unmittelbar um Sakurais Objekt herum ionisierte Materie befindet, eine Vorstufe zu einem zweiten Planetarischen Nebel. Sein Spektrum zeigt viel Stickstoff und Sauerstoff, aber nur ganz wenig Wasserstoff: ein Beweis, dass dieser während der Heliumblitze fast vollständig verbrannt wird. Wodurch diese Materie ionisiert wurde, ist momentan noch nicht geklärt.

Gerührt und geschüttelt

Es ist durchaus möglich, dass Sakurais Objekt wieder aus seiner Asche aufersteht und in vollem Glanz erstrahlt. Dazu muss der Stern heißer werden und den Mantel aus Staub zerstören. Das kann noch Jahre dauern, aber genau kann das niemand sagen. Bei Sakurais Objekt müssen wir auf Überraschungen gefasst sein.

Wann immer sich der Staubvorhang lüften wird, kann es wieder ein wachsamer Amateurastronom sein, der dies als Erster bemerkt. Sollten Sie diejenige oder derjenige Glückliche sein, wird es den Astronomen einen großen Martini wert sein, gerührt oder geschüttelt, ganz nach Ihrem Geschmack. <<

Florian Kerber ist Instrumentierungswissenschaftler an der Space Telescope European Coordinating Facility in Garching bei München. Er forscht auf dem Gebiet Planetarischer Nebel und der Sternentwicklung. **Martin Asplund** ist Astronom am Mt. Stromlo Observatory der Australian National University. Er hat sich auf die Atmosphären kühler Sterne spezialisiert.

Der Thron Gottes

>> David Tytell

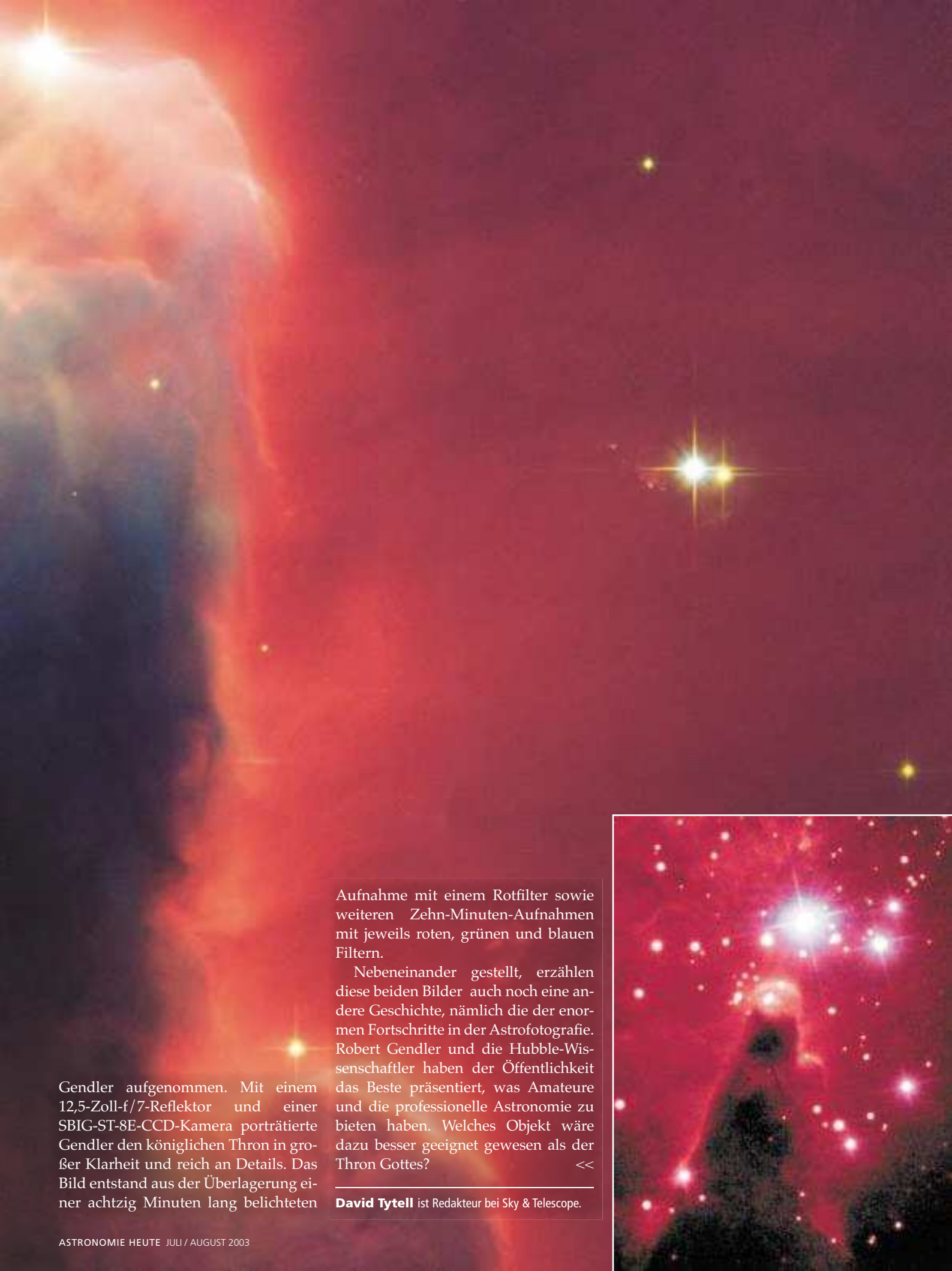
Hätten die Weisen der Antike Kunde von einem solchen Wunder erhalten, keinen geringeren Namen hätten sie ihm verliehen als ›Thron Gottes‹«. Mit diesen Worten erweist »Burnham's Celestial Handbook«, ein unverzichtbares astronomisches Nachschlagewerk, diesem majestätischen Nebel inmitten des offenen Sternhaufens NGC 2264 im Sternbild Einhorn (»Monoceros«) die Ehre.

Der Konusnebel (»Cone Nebula«), wie sein offizieller Name lautet, fasziniert Profiastronomen ebenso wie Amateure. Die Wiege junger Sterne und neuer Welten ruft bei so manchem Ehrfurcht und Bewunderung hervor. Tiefe und dunkle staubgefüllte Schneisen durchziehen den kegelförmigen Nebel, der aus pulsierenden purpurroten Wasserstoffwolken gebildet wird. Strahlende und energiereiche junge Sterne (wie sie im oberen Teil des kleinen Bildes zu sehen sind) erhitzen das Gas in ihrer Umgebung und verteilen den Staub aus der tintenschwarzen Säule fein im Kosmos.

Aufgenommen wurde dieses Bild mit der neuen Advanced Camera for Surveys (ACS) des Hubble-Weltraumteleskops. Erst vor knapp über einem Jahr hatten Astronauten das 76 Millionen US-Dollar teure Gerät an das Weltraumteleskop montiert. Schon mehrfach gelangen damit ähnlich eindrucksvolle Bilder wie das des Adlernebels IC 4703 beim offenen Sternhaufen M 16, dem die Astronomen gar den würdevollen Namen »Säulen der Schöpfung« verliehen.

Die Fotografie ist eine Überlagerung verschiedener Aufnahmen, die mit Filtern für nahes Infrarot, blaues Licht und für Wasserstoff-Alpha-Licht gemacht wurden. Zu sehen ist das obere Drittel einer Säule von sieben Lichtjahren Höhe, in rund 2500 Lichtjahren Entfernung. Die Belichtungszeit betrug gerade einmal drei Stunden und 24 Minuten – äußerst wenig für Hubble-Verhältnisse.

Das kleine Bild rechts erfasst einen größeren Blickwinkel, es wurde von dem Amateurastrofotografen Robert



Gendler aufgenommen. Mit einem 12,5-Zoll-f/7-Reflektor und einer SBIG-ST-8E-CCD-Kamera porträtierte Gendler den königlichen Thron in großer Klarheit und reich an Details. Das Bild entstand aus der Überlagerung einer achtzig Minuten lang belichteten Aufnahme mit einem Rotfilter sowie weiteren Zehn-Minuten-Aufnahmen mit jeweils roten, grünen und blauen Filtern.

Nebeneinander gestellt, erzählen diese beiden Bilder auch noch eine andere Geschichte, nämlich die der enormen Fortschritte in der Astrofotografie. Robert Gendler und die Hubble-Wissenschaftler haben der Öffentlichkeit das Beste präsentiert, was Amateure und die professionelle Astronomie zu bieten haben. Welches Objekt wäre dazu besser geeignet gewesen als der Thron Gottes? <<

David Tytell ist Redakteur bei Sky & Telescope.

Nächtliche Teestunde

Rund um die »Teekanne« – so nennen Amerikaner den zentralen Teil des Sternbilds Schütze – drängen sich zahlreiche Kugelsternhaufen.

>> Sue French

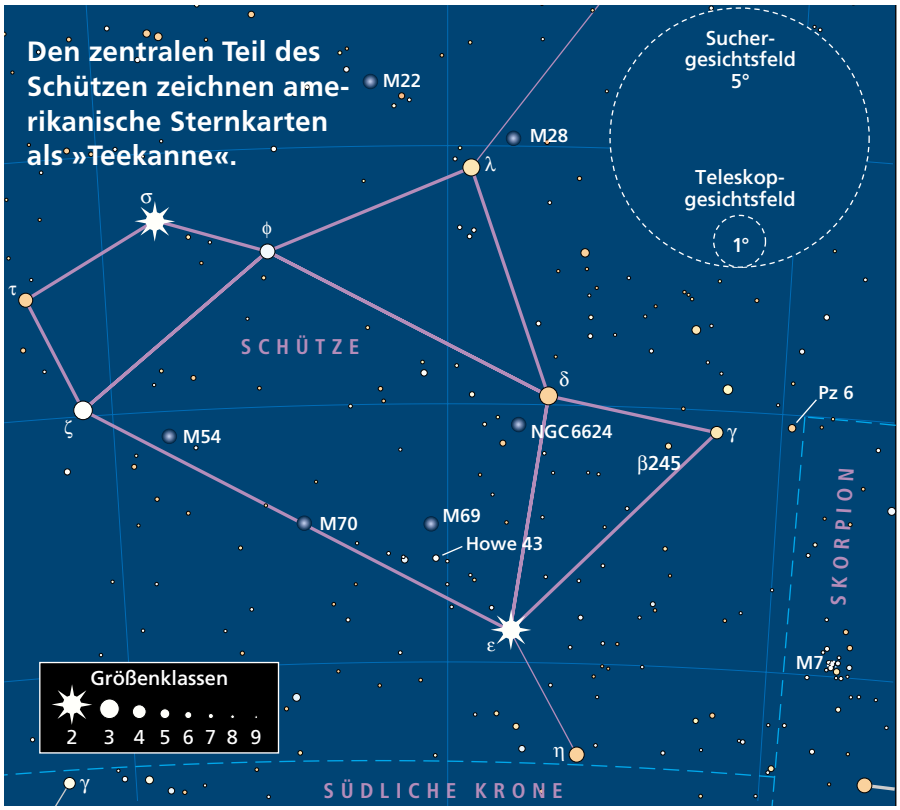
Der Schütze (»Sagittarius«, Sgr) wandert an späten Sommerabenden tief am Südhorizont entlang und lockt mit seinem Reichtum an Deep-Sky-Wundern. Viele davon liegen nahe bei jenen hellen Sternen, die zur auffälligen »Teekanne« (siehe Bild rechts) gehören. Machen wir es uns also dort gemütlich und erkunden die Gegend.

Wir starten an der Deckelspitze der Teekanne, die durch den goldgelben Stern Lambda Sagittarii (λ Sgr) markiert wird. Kaus Borealis, der »nördliche (Teil des) Bogen(s)«, ist der eigentliche Name dieses Sterns. Denn in der mythologischen Darstellung hat der Schütze die Gestalt eines Zentauren mit gespanntem Bogen, der seinen Pfeil auf den benachbarten Skorpion richtet.

Der prachtvolle Kugelsternhaufen M 22 liegt nur 2,4 Grad nordöstlich von Kaus Borealis und bietet in meinem 105-Millimeter-Refraktor bei 87facher Vergrößerung einen grandiosen Anblick. Auf halbem Wege in sein Zentrum steigt die Sterndichte des fast zwanzig Minuten ausgedehnten Halo abrupt an. Das vier Bogenminuten messende helle Kerngebiet des Kugelsternhaufens wirkt wie mit Puderzucker bestäubt, wenn einzelne Sterne aufgelöst werden.

Kugelsternhaufen sind sehr alte Objekte und enthalten viele gelbe, orangefarbene und rötliche Sterne. Obwohl es mir kaum gelingt, diese schwachen Färbungen wahrzunehmen, berichten manche Beobachter mit sehr farbempfindlichen Augen davon. Ihnen erscheint M 22 in leicht gelblichem Licht, denn sein Spektrum entspricht dem eines Sterns der Spektralklasse F5. Können Sie das auch erkennen?

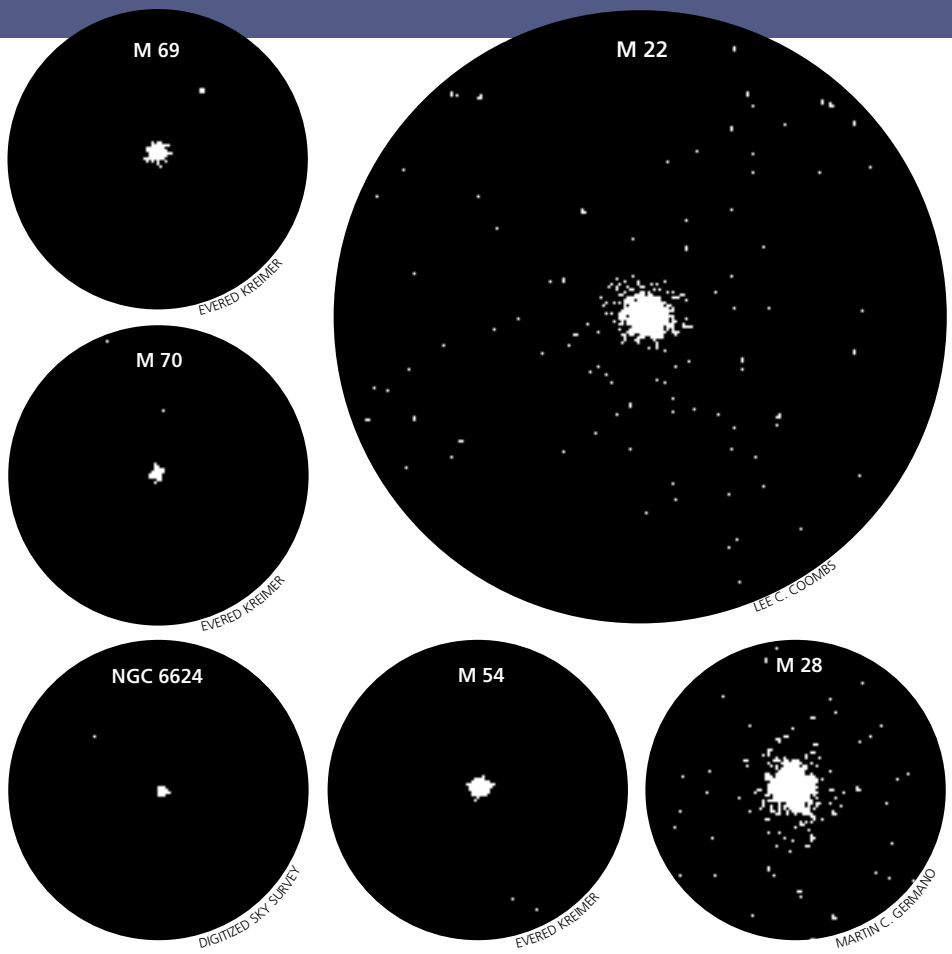
Ein weiterer Kugelsternhaufen, M 28, liegt ein Grad nordwestlich von Kaus Borealis und ist mit 18 600 Lichtjahren fast doppelt so weit von uns entfernt wie M 22 und entsprechend leuchtschwächer. Bei 87facher Vergrößerung zeigt sich ein schwacher, fünf Minuten großer Halo. Darin löst das Teleskop einige wenige Sterne auf, die einen Kern von zwei Minuten Durchmesser umgeben. Steigert man die Vergrößerung auf 127fach, tritt eine lose Ansammlung von Sternen südlich und südöstlich des Kerns hervor. Nach Norden hin erstrecken sich entlang zweier Kurven in Form einer Zange ein paar kaum noch wahrnehmbare Sterne.



Doppelsterne und Kugelsternhaufen rund um die Teekanne

Name	Typ	Größe (Magnitude)	Durchmesser/ Abstand	Entfernung in Lichtjahren	Rektasz. (2000.0)	Dekl. (2000.0)
M 22	Kugelsternhaufen	5,1	24′	10 400	18h 36,4m	–23° 54′
M 28	Kugelsternhaufen	6,8	11′	18 600	18h 24,5m	–24° 52′
NGC 6624	Kugelsternhaufen	7,9	6′	26 100	18h 23,7m	–30° 22′
β 245	Doppelstern	5,8/8,0	3,9″	360	18h 10,1m	–30° 44′
Pz 6	Doppelstern	5,4/7,0	5,5″	900	17h 59,1m	–30° 15′
Howe 43	Doppelstern	5,4/9,8	3,5″	350	18h 31,1m	–32° 59′
M 69	Kugelsternhaufen	7,6	7′	28 000	18h 31,4m	–32° 21′
M 70	Kugelsternhaufen	7,9	8′	29 400	18h 43,2m	–32° 18′
M 54	Kugelsternhaufen	7,6	9′	89 000	18h 55,1m	–30° 29′

NACH DATEN AUS MILLENNIUM STAR ATLAS



Heimat für mindestens 30 000 Sterne ist jeder dieser Kugelsternhaufen, manchmal sogar für zehnmal so viele. Doch nur M 22 lässt schon im kleinen Teleskop viele Einzelsterne erkennen. Diese Fotos von Messierobjekten wurden mit Teleskopen mit einer Öffnung von 8 bis 12,5 Zoll aufgenommen. Norden ist immer oben.

Der Spektraltyp von M 28 ist F8 und entspricht damit einem fahlen Gelb.

Dort, wo Deckel und Schnabel der Teekanne aufeinander treffen, wartet der gelborangefarbene Stern Delta Sagittarii (δ Sgr) auf uns, genannt Kaus Media, die »Mitte des Bogens«. Nur 45 Minuten südöstlich davon stoßen wir auf NGC 6624. Zwar kann der Kugelsternhaufen in kleinen Teleskopen nicht aufgelöst werden, aber dafür ist er dank seines kleinen hellen Kerns leicht zu finden. Sein ungewöhnlichstes Merkmal ist die Farbe: Er ist mit einem Spektraltyp von G 4/5 der am intensivsten gelb leuchtende Kugelsternhaufen auf unserer Tour.

An der Ausgussöffnung der Teekanne funkelt schließlich der goldfarbene Gamma Sagittarii (γ Sgr). Er markiert – wenn das Sternbild als Schütze dargestellt wird – die Spitze des Pfeils und trägt daher den Namen Alnasl, die »Pfeilspitze«. In dessen Nähe gibt es zwei sehenswerte Doppelsterne: Ein Grad ostsüdöstlich von Alnasl steht Burnham 245 (auch β 245 oder BU 245), der hellste Stern in diesem Teil des Schützen. Er besteht aus einem gelborangefarbenen Hauptstern von knapp 6. Größe und einem gelben Begleiter 8. Größe 3,9 Bogensekunden nördlich davon. Bei 127facher Vergrößerung lassen sie sich leicht trennen. Der zweite Doppelstern steht 1,5 Grad westlich von Alnasl. Bei 87facher Vergrößerung zeigt sich Piazzi 6 (Pz 6) als hübsches Paar, bestehend aus einem rötlich orangefarbenen Stern 5,4ter Größe und – ostsüdöstlich davon in 5,5 Bogensekunden Entfernung – einem gelborangefarbenen Begleiter.

In der südwestlichen Ecke der Teekanne finden wir den bläulich weißen Epsilon Sagittarii (ε Sgr) oder Kaus Australis, den »südlichen Bogen«. In sanft geschwungener Linie erstrecken sich drei Sterne 6. bis 7. Größe von Kaus Australis bis zu dem 5,4te Größe hellen Doppelstern Howe 43. In meinem kleinen Teleskop zeigt sich bei 153facher Vergrößerung ein schwacher Begleiter südlich des weißen Hauptsterns.

Zwei Drittel Grad nördlich von Howe 43 liegt M 69. Bei 127facher Vergrößerung erscheint dieser Kugelsternhaufen mit seinem Durchmesser von zwei Minuten klein und fleckig.

Die Erddrehung führt zu M 70

Einzelne nadelfeine Lichtpunkte stechen in den äußeren Bereichen hervor, und ein Stern 8. Größe liegt jenseits seines nordwestlichen Rands. Der Spektraltyp von M 69 ist G 2/3, ähnlich dem unserer Sonne: Der Haufen erscheint leicht gelblich. Ein Schwenk um 2,5 Grad nach Osten führt uns zum Kugelsternhaufen M 70. Man kann sich auch die Erdrotation zu Nutze machen, um ihn zu finden. Stellt man M 69 in die Mitte eines schwach vergrößernden Okulargesichtsfelds, ist bei abgeschalteter Nachführung zwölf Minuten später M 70 an dieser Stelle zu sehen.

NGC 6624, M 69 und M 70 liegen 25 000 bis 30 000 Lichtjahre von der Erde entfernt, weshalb sie in kleinen Teleskopen praktisch nicht auflösbar sind. Unser letztes Ziel, der Kugelsternhaufen M 54, liegt sogar in der unglaublichen Entfernung von 89 000 Lichtjahren. Er ist Teil der elliptischen Sagittarius-Zwerggalaxie, die gerade von den Gezeitenkräften unserer eigenen Milchstraße zerrissen wird, und markiert möglicherweise deren ursprünglichen Kern. Ausgehend von Zeta Sagittarii (ζ Sgr), der südöstlichen Ecke der Teekanne, findet man M 54 mit einem Schwenk um 1,7 Grad in westsüdwestlicher Richtung. Allerdings enthüllt M 54 in einem kleinen Fernrohr nur seine innere Region und keine Einzelsterne. Dafür aber zählt er zu den leuchtkräftigsten Kugelsternhaufen überhaupt und ist trotz seiner Entfernung ein wenig heller als M 69 oder M 70. Bei 127facher Vergrößerung zeigt sich ein Halo, der rund eine Minute misst und in Richtung des sternartigen Kerns allmählich heller wird.

Jetzt aber an die Teleskope: 14 der Kugelsternhaufen, mit denen der Schütze so reich gesegnet ist, sind heller als 9. Größe, ein behaglicher und unterhaltsamer Abend rund um die »Teekanne« ist garantiert. <<

Sue French kann per E-Mail (bitte auf Englisch) unter scfrench@nycap.rr.com erreicht werden.

Auf den Schwingen des Schwans

In den ausgebreiteten Flügeln dieses Vogels lassen sich recht einfach einige Deep-Sky-Wunder entdecken.

>> Fred Schaaf

AKIRA FUJII

Der Schwan zieht über die Milchstraße; unter dem langen Hals der eingezeichneten Silhouette des Vogels liegt die Cygnus-Sternwolke.

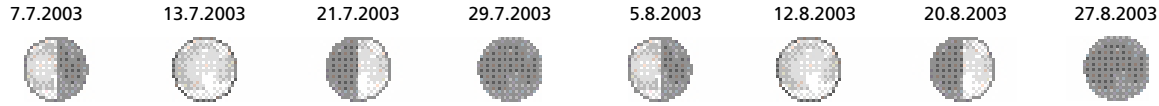
Während des Spätsommers und zum Herbstanfang erreicht der Schwan (»Cygnus«) kurz nach Einbruch der Dunkelheit den Zenit. Nichts ist anmutiger als dieses Sternbild, wenn es hoch am Himmel langsam seine Kreise zieht und schließlich zu Beginn der Morgendämmerung im Nordwesten untergeht. Der Schwan wird oft als »Großes Kreuz des Nordens« bezeichnet und das ist auch das, was man zunächst in diesem Sternmuster erkennt. Erst wenn man die etwas lichtschwächeren Sterne hinzunimmt, erscheint das Bild eines langhalsigen Vogels mit ausgebreiteten Flügeln.

Deneb (α Cyg), mit blendend heller 1. Größe, ist der Schwanz und Albireo (β Cyg) der Schnabel oder das Auge des gedachten Schwans. Zwei berühmte Objekte im Schwan sind der Nordamerikanebel NGC 7000 rund drei Grad östlich von Deneb und der Schleier- oder Zirrusnebel NGC 6960 (Foto S. 70), dessen hellste Gebiete südlich und südöstlich von Gienah (ε Cyg) liegen, auf dem östlichen, linken Flügel. Beide Nebel sind ausgedehnte Gebilde und können in klaren dunklen Nächten von vielen Teleskopen selbst bei geringer Vergrößerung nur ausschnittsweise abgebildet werden.

Letztes Jahr war ich auf einer Star Party, auf der die meisten Teilnehmer den »Blinkenden Nebel« NGC 6826 suchten. Hier ist meine Methode, ihn zu finden: Beginnen Sie bei Deneb und folgen Sie der hinteren Kante des nordwestlichen, rechten Flügels zu dem farbigen Mehrfachstern Omikron Cygni. Auf unserer Karte springen seine zwei Hauptkomponenten Omikron-1-Cygni (o^1 Cyg) und Omikron-2-Cygni (o^2 Cyg) ins Auge, das helle Sternpaar rechts von Deneb. Schauen Sie weiter zu den drei Sternen, die auf halber Strecke zwischen Deneb und dem Kopf des Sternbilds Drache (»Draco«) liegen. Theta Cygni (θ Cyg), der östlichste Stern dieses Trios, ist der nächste zu dem Blinkenden Nebel, ungefähr eineindrittel Grad ostnordöstlich. Im Fernrohr sieht man zunächst nur den Zentralstern. Blickt man jedoch ein wenig an diesem Weißen Zwerg vorbei, fällt das Licht auf einen empfindlicheren Teil der Netzhaut und man kann den Planetarischen Nebel erkennen, der den Stern umgibt.

Die hintere Kante des anderen Schwanenflügels hilft, »Piazzis fliegenden Stern« zu lokalisieren, besser bekannt als 61 Cygni. Im Teleskop erkennt man, dass er ein beeindruckender orangefarbener Doppelstern ist. Zudem ist 61 Cygni eines der ersten Sonnensysteme, dessen Entfernung von unserem Planetensystem mit hoher Genauigkeit gemessen wurde: in den späten 1830er Jahren durch den deutschen Astronomen Friedrich Bessel. Mit 11,4 Lichtjahren Entfernung steht es unserem Sonnensystem recht nahe. Momentan haben die beiden Sterne eine Distanz von rund einer halben Bogenminute und bewegen sich mit einer hohen Geschwindigkeit von fünf Bogensekunden pro Jahr in Richtung Nordosten. Beide haben zusammen eine Helligkeit 4,8ter Größe und bilden mit den zwei etwas helleren Sternen Tau und Sigma Cygni (τ und σ Cyg) ein winziges, mit bloßem Auge erkennbares Dreieck (siehe Übersichtssternkarte S. 50). <<

Fred Schaaf lebt in New Jersey und ist (auf Englisch) per Mail unter fschaaf@aol.com erreichbar.



Mars® und MilkyWay®

Wenn der Rote Planet und die Milchstraße uns diesen Sommer den Anblick des Nachthimmels versüßen, erwarten uns feuriger Glanz und schummriges Glühen. **>> Fred Schaaf**

Schon in der Abenddämmerung taucht im Juli tief im Westsüdwesten der hellste rote Riesenstern des Sommers auf. Sein Name ist Antares und bedeutet »Gegenmars«, auch wenn er dieses Jahr eher der Vorbote des Mars ist. Antares markiert das Herz des Skorpions (»Scorpius«, Sco). Dieses Sternbild des Tierkreises besteht aus einer hellen Schlangenlinie von Sternen, die dem nach vorne gekippten Buchstaben »S« ähneln. Die südlichsten liegen bei einer Deklination von fast –45 Grad und sind erst von den italienischen Alpen aus sichtbar.

Kaum mehr als ein Grad westlich von Antares und unterhalb der Linie zum nahen Sigma Scorpii (σ Sco) leuchtet trübe und verschwommen der Kugelsternhaufen M4 mit knapp 6. Größe. Selbst bei mäßigen Lichtverhältnissen kann man ihn mit einem Feldstecher entdecken.

Am oberen westlichen Ende (rechter Hand) markiert eine annähernd senkrechte Linie den Kopf des Skorpions. Der mittlere der drei Sterne, Delta Scorpii (δ Sco), leuchtete früher gleichmäßig. Vor drei Jahren nahm er jedoch über fünfzig Prozent an Helligkeit zu und zeigt seitdem deutliche Variationen. Über ihn erfahren Sie mehr in Krupps Corner ab S. 92. Der oberste ist Beta Scorpii (β Sco). Es lohnt sich allemal, ein kleines Fernrohr auf ihn zu richten, denn dieser mit bloßem Auge sichtbare Lichtpunkt ist ein eindrucksvoller Doppelstern.

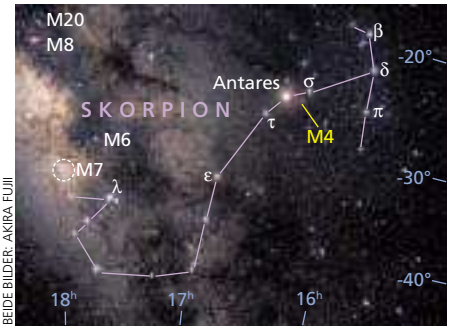
Weiter westlich in der Waage (»Libra«) befindet sich ein weiterer Doppelstern: Alpha Librae (α Lib), der den arabischen Namen Zuben-el-Genubi (Klaue des Südens) trägt. Das Alpha-Librae-Paar steht mit vier Bogenminuten recht weit auseinander und lässt sich schon mit einem Fernglas auflösen.

Den klassischen Beweis, dass Wintermäntel während der Beobachtungsnächte überflüssig sein sollten, liefert uns das Sommerdreieck, das jetzt hoch am Himmel steht. Es wird gebildet aus Wega in der Leier, die dem Zenit am nächsten kommt, Deneb im Schwan östlich von ihr (siehe »Fokus« auf S. 46) und Atair weiter südlich im Adler. Den Westen dominiert Arktur im Bootes wie ein Leuchtfeuer auf halber Strecke zwischen Horizont und Zenit.

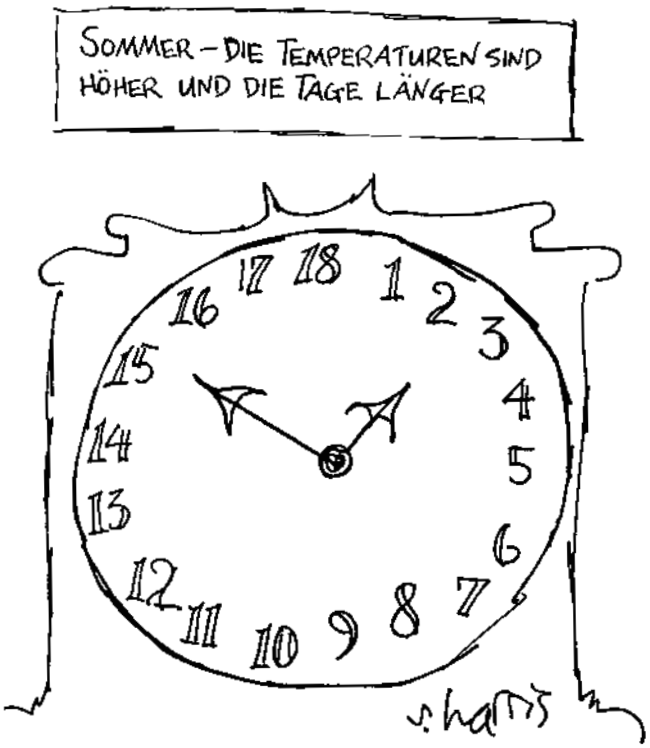
Aber das sind noch nicht alle Objekte, die im Sommer den Himmel bevölkern. Wenn Sie außerhalb der städtischen Lichtverschmutzung wohnen oder fern einer Großstadt Urlaub machen, erwartet Sie ein viel größeres Wunder: die gewaltige, den Himmel überspannende Milchstraße. In einer klaren, mondlosen Nacht können Sie sogar in den Vororten die Cygnus-Sternwolke der Milchstraße >

Das Zentrum der Milchstraße

liegt in Richtung Schütze und Skorpion (großes Bild). Mars steht hier hell und rot etwa 18° westlich von Antares im Sternbild Waage. Von Deutschland aus gesehen liegt der untere Bildbereich leider immer hinter dem Horizont.

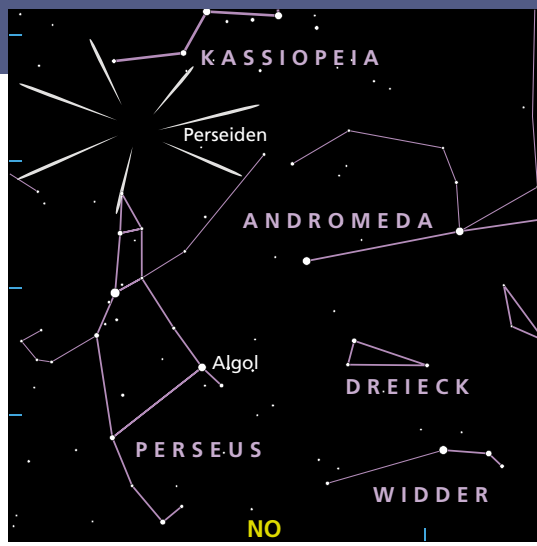


BEIDE BILDER: AKIRA FUJII



> in einer Höhe über dem Horizont ausmachen, wo die Lichtverschmutzung am wenigsten stört. Sie liegt unter dem langen Hals des Schwans, also zwischen Sadr (γ Cyg) und Albireo (β Cyg), der sich in einem Fernrohr als schöner blauer und goldener Doppelstern erweist. Haben Sie einmal die Cygnus-Sternwolke entdeckt, sollten Sie auch noch weitere Bereiche der Milchstraße beobachten, die als breites, ungleichmäßiges Band aus leuchtenden Sprenkeln von Süden her nach oben läuft, sich nach links quer über den östlichen Himmel neigt und im Nordosten auf den Horizont stößt. Vom Schwan bis zum Schützen ist die Milchstraße durch den Cygnus-Spalt geteilt, einen gewaltigen Komplex aus interstellaren Dunkelwolken, die das Licht der dahinter liegenden Sterne abschirmen. Im südlichen Sternbild Schütze (»Sagittarius«, Sgr) befindet sich die breiteste und hellste Stelle der Milchstraße (siehe Kleinteleskope-Tipp auf S. 44). Auf amerikanischen Himmelskarten werden die Sterne im Schützen so mit Linien verbunden, dass das Sternbild wie eine Teekanne und ein Teelöffel (links davon) aussieht. Direkt vor dem Ausgießer der Teekanne in Richtung des Milchstraßenzentrums hängt wie ein Dampfhauch die Große Sagittarius-Sternwolke. Oberhalb davon schwebt die Kleine Sagittarius-Sternwolke M 24.

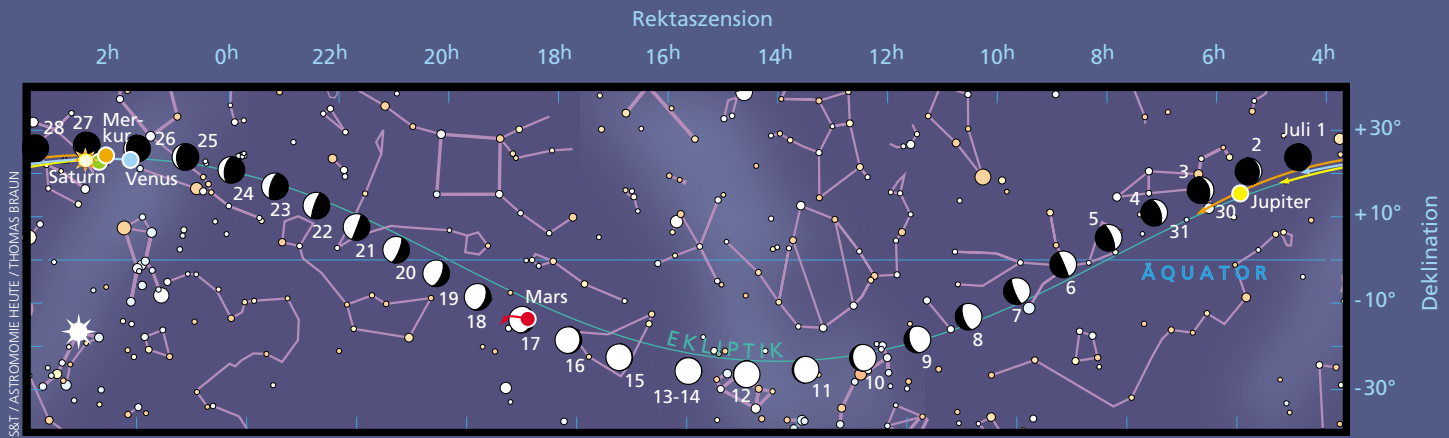
Mars, der Rote Planet, steigt hell wie selten spät an diesen Sommerabenden im Ostsüdosten auf. Während er sich im Juli der Erde nähert, verdoppelt er beinahe seine Helligkeit. Bereits am Anfang des Monats stellt er jeden anderen Lichtpunkt des Nachthimmels in den Schatten. Mitte Juli hat Mars mit 19 Bogensekunden bereits einen respektablen Durchmesser (siehe Abbildung rechts) und ist am Ende des Monats mit 22 Bogensekunden so groß wie zuletzt 1988. In ruhigen Sommernächten, wenn die Atmosphäre klar und beständig ist, sollten deshalb schon kleinere Fernrohre Strukturen seiner Oberflächen zeigen. Wirklich scharfe Bilder erhalten Sie aber nur, wenn Mars im Meridian seinen höchsten Punkt am Himmel erreicht, also mehrere Stunden nachdem er aufgegangen ist.



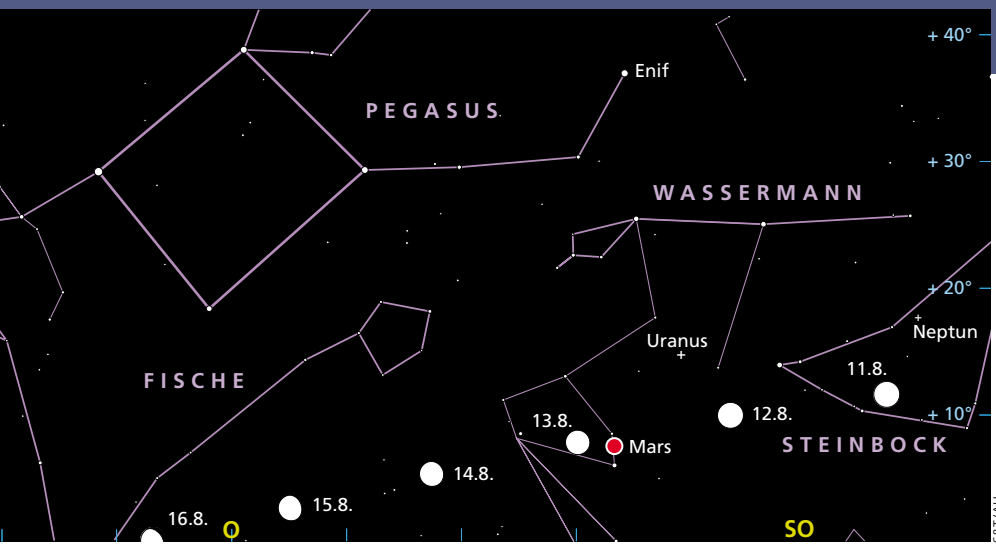
Im August ist Mars die größte Attraktion überhaupt. Er erscheint am Monatsanfang um 22 Uhr im Ostsüdosten, kurz nach dem Ende der Abenddämmerung. Zwei Wochen später steigt er bereits um 21 Uhr über den Horizont und am Ende des Monats kurz nach Sonnenuntergang um 20 Uhr – jetzt erreicht er seine »Opposition«. Am 27. August trennen Mars und Erde »nur noch« 55,8 Millionen Kilometer. Er ist damit der Erde so nah wie seit 50 000 Jahren nicht mehr, auch wenn die Entfernungsunterschiede bei den sich alle 15 Jahre wiederholenden nahen Überholmanövern der Erde (»Perigäumsoppositionen«) nur gering sind. Diese Position erreicht er am darauf folgenden Abend, und am 30. August befindet er sich in seinem Perihel, dem Punkt seiner Bahn, an dem er der Sonne am nächsten ist. All diese Ereignisse zusammen machen diese Opposition so einmalig. Mars wird dann mit einem Durchmesser von 25,1 Bogensekunden deutlich heller sein als 1988 und wohl auch 1971.

Trotz der günstigen Voraussetzungen ist es heutzutage immer noch eine Herausforderung, Mars zu fotografieren, da

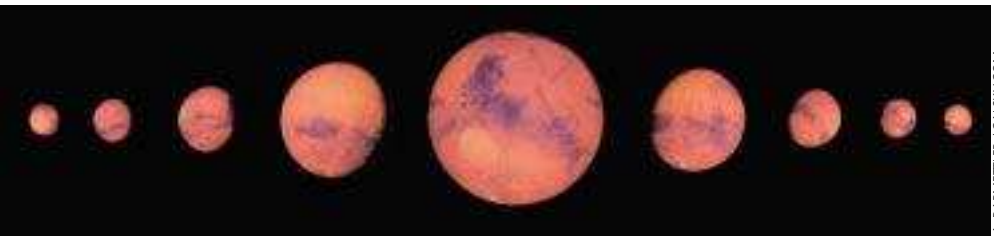
Der Mond und die Planeten im Juli 2003



Eingezeichnet sind nur die mit bloßem Auge sichtbaren Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn.



S&T/AH



A. BARMETTLER / CALSKY.COM

Das Panorama der östlichen Himmelshälfte Mitte August um etwa 22.30 Uhr MESZ (oben). Wegen der Störung durch den hellen Mond lassen sich die Perseiden-Meteore am besten beobachten, wenn man Richtung Norden blickt.
Mars erreicht seine erdnächste Position am 27. August. Die Grafik zeigt seinen Winkeldurchmesser in zweimonatlichen Abständen vom 1. Januar 2003 bis 1. Mai 2004.

ihn die turbulenten Schichten der Erdatmosphäre flimmern lassen, wenn er knapp über dem Horizont abgelichtet wird. Die besten Bilder entstehen also erst mitten in der Nacht, wenn er im Süden und damit am höchsten steht. Doch leider erreicht er durch seine Deklination von weniger als –15 Grad für Beobachter etwa in Frankfurt am Main lediglich eine Höhe von maximal 24 Grad über dem Horizont, also nicht sonderlich viel.

Derzeit ist die südliche Marshalbkugel der Erde zugeneigt, der Frühling geht dort zu Ende und die Eiskappen am Südpol dürften bereits zu einem winzigen weißen Punkt abgetaut sein. Dafür kann es aber sein, dass sich rund um den Rand des Planeten weiße Wolken bilden. Aber selbst wenn dies der Fall ist, wird die Sicht auf die dunkleren Oberflächenstrukturen nie besser sein. Vorausgesetzt, es taucht keiner der berüchtigten marsianischen Sandstürme auf und vermasselt noch alles.

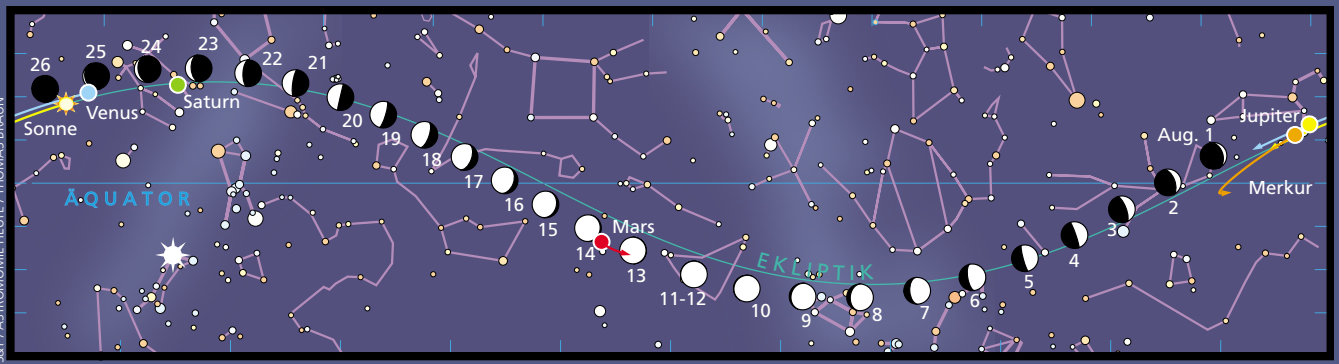
Die übrigen sichtbaren Planeten sind diesen Sommer nicht ganz so spektakulär, aber doch den einen oder anderen Blick wert: **Jupiter** steht Anfang Juli während der Dämmerung tief im Westen und hat etwa zwei Stunden Abstand von der Sonne. Am 25. Juli läuft er extrem nah an **Merkur** vorbei (»Konjunktion«). Am besten beobachtet man die beiden mit einem Fernrohr oder Feldstecher kurz nach Sonnenuntergang knapp über dem Westnordwesthorizont. Während Jupiter in den nächsten Tagen weiter hinabsteigt, klettert Merkur ein wenig höher. So bildet ein schlanker Sichelmond am Abend des 30. Juli ein Dreieck mit Jupiter und Merkur, der sich nun mit dem Stern Regulus im Löwen verbündet. Jupiter verschwindet einige Tage später im Glühen des Sonnenuntergangs und damit aus unseren sommernächtlichen Beobachtungen.

Venus und **Saturn** sind am 8. Juli tief in der Morgenröte als weiteres Planetenpaar zu beobachten. Sie kommen sich weniger als ein Grad nahe, sind jedoch schwierig zu erwischen. Am ehesten gelingt das mit einem Feldstecher eine halbe Stunde vor Sonnenaufgang direkt über dem Ostnordosthorizont. Im August sind Merkur, Venus und Jupiter im hellen Schein der Sonne versteckt, lediglich Saturn scheint noch im Ostnordosten während der Morgendämmerung im Sternbild Zwillinge (»Gemini«).

Am 12. August ist Vollmond. Der Erdtrabant stört mit seinem hellen Licht also das mittlere Drittel des Monats hindurch den alljährlichen Perseiden-Meteorschauer (siehe Abbildung oben), der seinen Höhepunkt gegen 6 Uhr, kurz nach Sonnenaufgang am Morgen des 13. August hat (mehr dazu von Elke Rosenfeldt im »Favorit« auf S. 55). <<

Fred Schaaf schreibt für das Jahrbuch von S&T und ist seiner Zeit immer um zwölf Monate voraus.

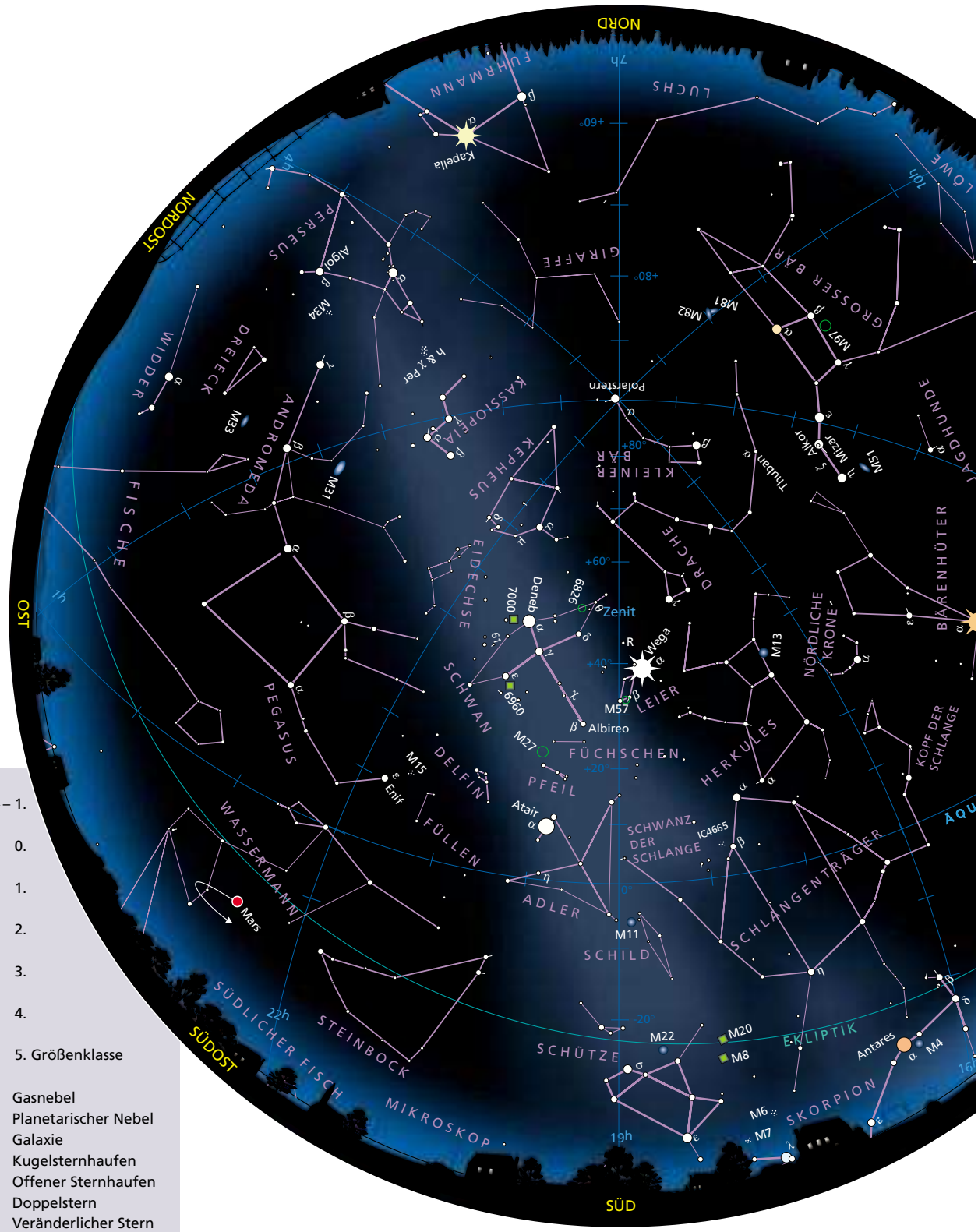
Der Mond und die Planeten im August 2003



S&T / ASTROMEDIA HEUTE / THOMAS BRAUN

Der Mond ist zum besseren Erkennen der Mondphasen auf allen Karten in Übergröße dargestellt.

PLANETARIUM



1.
0.
1.
2.
3.
4.
5. Größenklasse

Gasnebel
Planetarischer Nebel
Galaxie
Kugelsternhaufen
Offener Sternhaufen
Doppelstern
Veränderlicher Stern

Sterntafel_03/03.ind 50

22.05.2003, 14:11:11 Uhr

ASTROMOMIE HEUTE / THOMAS BRAUN

WANN

Der Zeitleiste (oben) können Sie die Gültigkeit der Sternkarte entnehmen. Wählen Sie das Datum anhand des Monats oder der Kalenderwoche (KW) und lesen Sie direkt darunter die zugehörige Uhrzeit ab. Beispiele:

Juli, erste Hälfte: 1 Uhr°
Juli, zweite Hälfte: Mitternacht°
August, erste Hälfte: 23 Uhr°
August, zweite Hälfte: 22 Uhr°
Anfang September: Abenddämmerung

***Mitteleuropäische Zeit (MEZ)**
°Sommerzeit (MESZ)

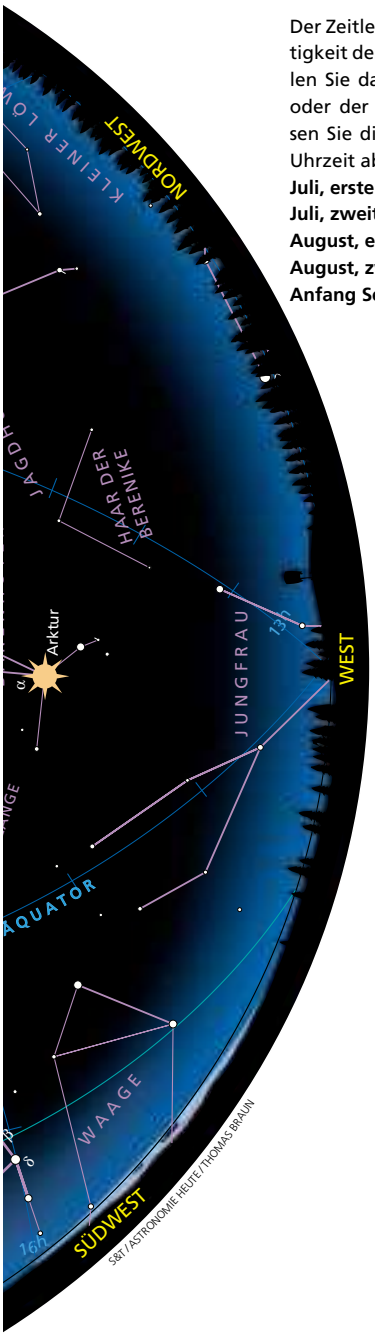
WIE

Auf der Sternkarte sehen Sie den Himmel so, wie er sich Ihnen zu den angegebenen Zeiten präsentiert. Zur Orientierung halten Sie die Karte über sich, und zwar so, dass der Rand mit der Himmelsrichtung, in die Sie schauen, zum Boden oder auf Sie zu zeigt. Die Sterne am Rand der Karte stehen dann direkt über dem Horizont.

Der im Zentrum der Karte dargestellte Himmelsausschnitt befindet sich genau über Ihnen – im Zenit. Ein Stern, der auf halbem Weg vom Rand zum Zentrum der Karte eingezeichnet ist, steht unter einem Winkel von 45 Grad am Himmel.

Beispiel: Drehen Sie die Sternkarte im Gegenuhrzeigersinn, bis Ost auf Sie zu zeigt. Ihnen fällt ein großes »Kreuz« aus vier Sternen ins Auge, das aber nicht der Schwan ist, sondern das auf einer Spitze stehende »Herbstviereck« des Pegasus. Den Schwan, das eigentliche »Kreuz des Nordens«, finden Sie, wenn Sie den Blick weiter bis fast zum Zenit heben. Etwas südlich davon leuchtet Wega in der Leier, zum Westhorizont hin folgt Arktur im Bärenhüter, während die Jungfrau schon halb untergegangen ist.

Die Karte gilt für 50 Grad nördliche Breite, das entspricht der Linie Luxemburg – Frankfurt am Main – Prag. Beobachter in Süddeutschland, Österreich und der Schweiz sehen die Sterne im Süden etwas höher über dem Horizont und die im Norden etwas niedriger. In Norddeutschland ist es genau umgekehrt.



FELDSTECHERTIPP

IC 4665 im Schlangenträger

>> Gary Seronik

AKIRA FUJII

Der August ist ein hervorragender Monat, um die mondlosen Nächte unter dem Dach der Milchstraße zu verbringen. Das Band, das unsere Heimatgalaxie am Himmel zieht, beherbergt zahllose »kosmische Trüffel«, die man am besten mit einem Fernglas aufspürt – Kugelsternhaufen, Nebel und vielleicht am dankbarsten: offene Sternhaufen! Einige sind groß und überwältigend wie der Doppelcluster im Perseus (siehe Karte S. 55), andere kommen einem wie eine zufällige Häufung von Hintergrundsternen vor. Der hier beschriebene Tipp, der offene Sternhaufen IC 4665, liegt irgendwo dazwischen.

Er ist sehr leicht zu finden: im Schlangenträger, ein Grad nordnordöstlich des 3.-Größe-Sterns Beta Ophiuchi (β Oph). Dieser ist auf manchen Karten auch als »Celbalrai« (von arabisch Kalb ar-Ra'i, Schäferhund) verzeichnet. Er hütet IC 4665, eine kleine Herde von etwa einem Dutzend Sterne 7. und 8. Größe. Ich sehe ihre Anordnung immer als zwei Kästchen und eine nach Süden gekrümmte Reihe. Was erkennen Sie in dem Muster? <<

Sterntafel_03/03.ind 51 22.05.2003, 14:11:18 Uhr

DIGITIZED SKY SURVEY, SEAN WALKER

Duett am Himmel

Wie viele Paare unterschiedlicher Deep-Sky-Objekte gibt es, die in dasselbe Gesichtsfeld passen? Der Club solcher kosmischen Pärchen ist klein, aber fein. **>> Ken Hewitt-White**

Himmlische Nachbarn: Die Spiralgalaxie NGC 6946 im Kepheus hat weniger als 0,5° Abstand vom offenen Sternhaufen NGC 6939. Das Farbkomposit entstand aus zwei Schwarz-Weiß-Bildern, die mit einem roten und einem blauen Filter aufgenommen wurden. Norden ist oben rechts.

Wie viele Deep-Sky-Paare kennen Sie? Zwei völlig unterschiedliche kosmische Objekte, die bei mittlerer Vergrößerung gemeinsam im Gesichtsfeld eines Teleskops erscheinen? Vielleicht ist Ihnen schon mal ein offener Sternhaufen neben einer Galaxie aufgefallen oder ein Kugelsternhaufen bei einem Planetarischen Nebel. Na, wie viele könnten Sie aufzählen? Vor einigen Jahren habe ich mir diese Frage selbst gestellt – und seither lässt sie mich nicht mehr los. Mittlerweile habe ich mir sogar genaue Kriterien ausgedacht, um sie präzise beantworten zu können.

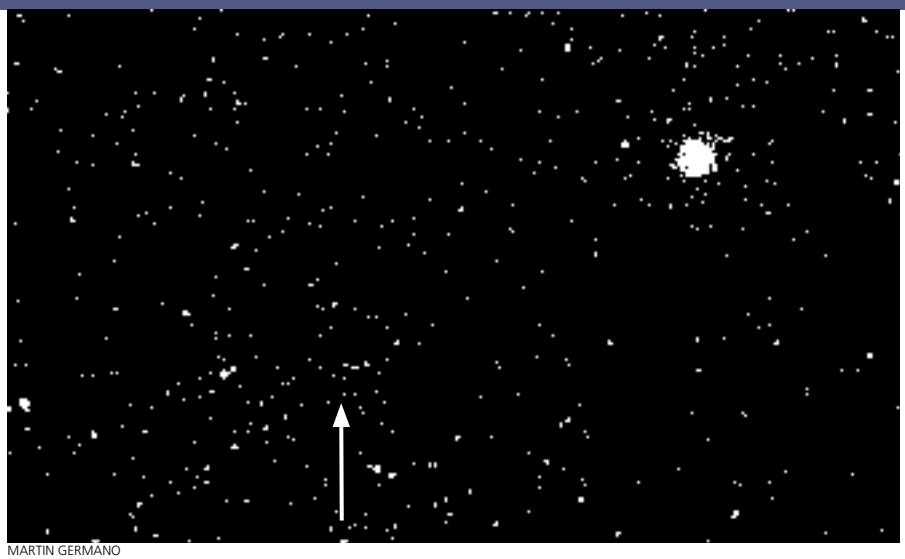
Mitglied im Club der kosmischen Pärchen können jeweils zwei Objekte unterschiedlichen Typs werden, zwei nahe beieinander stehende Galaxien zählen also nicht. Sie dürfen höchstens ein halbes Grad voneinander entfernt sein. Um als echtes Paar zu gelten, sollen die Objekte außerdem vergleichbare Ausdehnung und Helligkeit besitzen. Und eine letzte Regel lautet: Sie müssen schon in einem Zehn-Zoll-Fernrohr (25 Zentimeter) sichtbar sein. Am nördlichen Sommerhimmel fand ich bisher nur drei Paare, die diese Kriterien erfüllen! Alle sind in den kommenden Monaten gut zu sehen. Das erste davon bilden der Kugelsternhaufen NGC 6440 und der Planetarische Nebel NGC 6445. Sie finden sie mitten unter den wabernden Sternwolken im nordwestlichen Teil des Sternbilds Schütze.

Um mich zu ihnen zu hangeln, beginne ich meist bei dem ausgedehnten offenen Sternhaufen M 23. Ein Schwenk des Fernrohrs um zwei Grad nach Südwesten bringt mich zum Doppelstern h 2810, dessen weit auseinander liegende Sterne 8. beziehungsweise 10. Größe haben. Fünf Bogenminuten westlich von ihnen liegt NGC 6445. Und noch einmal 22 Bogenminuten südlich und leicht westlich dieses Planetarischen Nebels präsentiert sich schließlich NGC 6440.

Körniger Ball am Südhorizont

Dieser Kugelsternhaufen hat eine Ausdehnung von nur 5,5 Bogenminuten, dank seiner Helligkeit (9. Größe) ist er aber leicht zu finden. In meinem 17,5-Zoll-Dobson-Reflektor sieht NGC 6440 bei 220facher Vergrößerung wie ein körniger Ball aus, vor dem einige Sterne stehen. Mitteleuropäer sehen ihn leider nie sehr hoch über den Südhorizont steigen. Mehr Details lassen sich aus südlicheren Gefilden erkennen. NGC 6445 ist leicht oval und sein Durchmesser beträgt gerade einmal eine halbe Bogenminute. Beobachtet man ihn in einem 17,5-Zoll-Teleskop (45 Zentimeter) bei 220facher Vergrößerung, zeigt er dank seiner hohen Flächenhelligkeit aber einige Strukturen. Eine davon, entlang seiner Nordost-Südwest-Achse, hat die Form einer Sanduhr. Deren schwach leuchtender südlicher Teil scheint zunächst seltsam gemustert zu sein. Tatsächlich aber steht dort ein schwacher Stern, der die Sanduhr fast berührt und manchmal mit ihr verschwimmt. Erst bei 285facher Vergrößerung wird die Trennung zwischen den beiden Objekten deutlich. Dann erkennt man auch, dass die beiden »Gläser« der Sanduhr in einen schwachen kreisförmigen Nebel gehüllt sind. NGC 6445 wird gelegentlich mit dem Hantelnebel M 27 im Sternbild Füchschen (»Vulpecula«) verglichen. Mit seinen kompakten, ungleichmäßig hellen Auswölbungen erinnert er mich aber eher an den »Kleinen Hantelnebel« M 76 im Perseus. Vielleicht können wir dieses winzige Bürschchen den »Ganz Kleinen Hantelnebel« nennen! Allerdings hat er schon einen Namen: Im »Millennium Star Atlas« heißt er »Kleines Juwel« (Little Gem), andernorts ist er auch als Boxnebel verzeichnet.

Ein weiteres Paar aus Kugelsternhaufen und Planetarischem Nebel finden Sie zwei Grad nordöstlich des hellen offenen



MARTIN GERMANO

Ein kosmisches Pärchen, das derzeit ebenfalls am Abendhimmel zu sehen ist: der Kugelsternhaufen NGC 6712 und der schwache Planetarische Nebel IC 1295 (Pfeil). Sie liegen in einer sternreichen Region der Milchstraße im Sternbild Schild, 2,5° südlich des bekannten Sternhaufens M 11. Der Ausschnitt hat einen Durchmesser von 0,75°. Aufgenommen wurde er mit einem Celestron-8-Zoll-Schmidt-Cassegrain. Norden ist oben.

Sternhaufens M 26 im Sternbild Schild. Der leuchtende Knoten des Kugelsternhaufens NGC 6712 und der blasse Schein des Planetarischen Nebels IC 1295 bieten in meinem Zehn-Zoll-Dobson bei niedriger Vergrößerung einen faszinierenden Anblick. NGC 6712, mit rund sieben Bogenminuten Durchmesser und 8. Größe, ist ein schlichtes Objekt in einer großartigen Umgebung. Bei 285facher Vergrößerung löst mein 17,5-Zöller ein halbes Dutzend Sterne auf. Interessanter ist jedoch eine von Ost nach West verlaufende Kluft. Sie lässt den südlichen Teil des Haufens wie eine schmale Insel aus Sternen erscheinen, scheinbar völlig losgelöst vom Rest des Objekts.

IC 1295 hingegen könnte man leicht übersehen. Der fahle Planetarische Nebel 13. Größe ist ein weitläufiges Oval mit eineinhalb Bogenminuten Ausdehnung. Trotz seiner geringen Flächenhelligkeit tauchte er als ovaler Fleck in meinem Zehnzöller auf, als ich vor einiger Zeit unter einem tadellosen Hochgebirgshimmel nach ihm suchte. Und als ich auf mein größeres Teleskop wechselte und einen Sauerstoff-III-Nebelfilter verwendete, erschien mir IC 1295 bei 60facher Vergrößerung sogar etwas heller als der benachbarte Kugelsternhaufen. Beim Hin- und Herwechseln zwischen 220- und 285facher Vergrößerung bemerkte ich mithilfe eines Breitbandnebelfilters eine Kette aus drei Sternen im Ostteil des Planetarischen Nebels.

Der hellste Stern lag knapp außerhalb des Nebels, ein schwächerer saß auf seinem Rand, und der schwächste Stern schwamm in seinem Innern. Vielleicht erkennen Sie sogar die ringförmige Struktur von IC 1295, wenn Sie ein wenig mit Filtern und der Methode des »indirekten Sehens« experimentieren. Dabei schaut man nicht direkt auf das Objekt, sondern schielt etwas daran vorbei, sodass die Lichtstrahlen auf empfindlichere Bereiche der Netzhaut treffen.

Identische Lichtkleckse? Von wegen!

Mein letztes kosmisches Pärchen findet sich zwei Grad südwestlich von Eta Cephei (η Cep) am Rand der Milchstraße, im Grenzgebiet der Sternbilder Kepheus und Schwan. Der offene Sternhaufen NGC 6939 (8. Größe) und die Spiralgalaxie NGC 6946 (9. Größe) liegen auf einer Linie, die von Nordwesten nach Südosten verläuft. Bei 60facher Vergrößerung passen sie noch zusammen in das Gesichtsfeld meines größeren Reflektors. Dasselbe Okular, in meinen Zehn-Zoll-Reflektor eingesetzt, bildet genau um die beiden Objekte einen Rahmen. Während sie auf den ersten Blick wie identische Lichtkleckse aussehen, werden Sie bei genauerem Hinsehen feststellen, dass NGC 6939 strukturiert erscheint und unsymmetrisch ist. Über ihren Nordteil sind hellere Sterne verstreut, während viele schwache Sterne in Richtung Südosten auffächern.

NGC 6946 hat eine eindeutige Spiralstruktur. Leider ist sie jedoch schwer zu erkennen, weil Gas und Staub nahe der Milchstraßenebene die Sicht behindern. Die Galaxie mit ihrem Durchmesser von 13 Bogenminuten – wir sehen sie direkt von oben – erscheint in meinem 17,5-Zöller leicht elliptisch, doch bei 220facher Vergrößerung wachsen ihr Arme. Ein gut wahrnehmbarer Haken windet sich aus dem hellen Kern der Galaxie heraus nach Südosten. Neben zwei schwächeren Armen kann ich gelegentlich einen vierten erahnen, der vom Hauptarm nach innen abzuzweigen scheint. Um solche schwachen Details zu sehen, brauchen Sie aber einen dunklen Himmel. Glücklicherweise stand NGC 6946 im Zenit, als ich sie beobachtete.

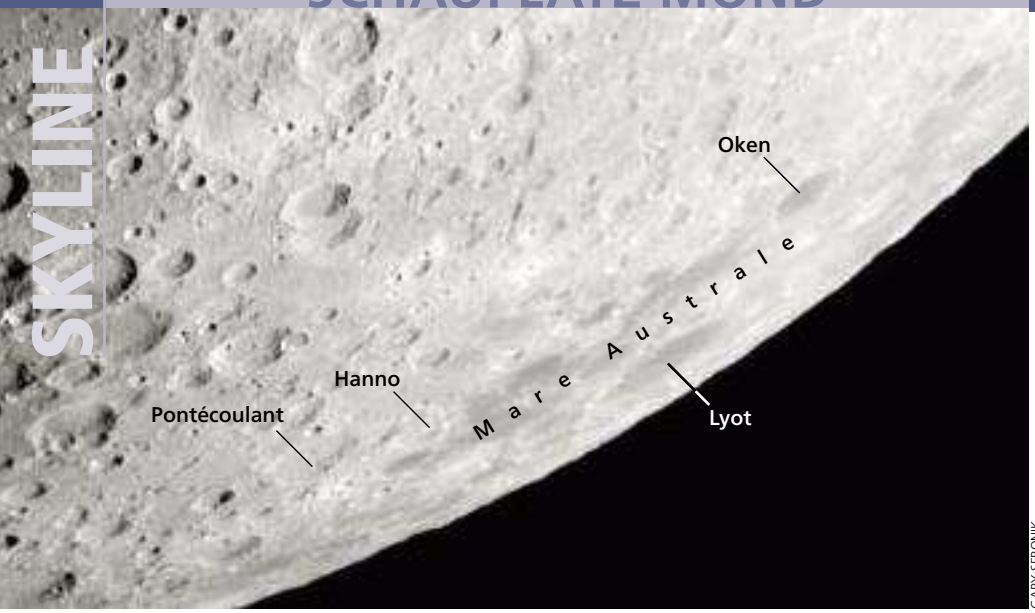
Drei himmlische Paare, das kann doch nicht alles sein! Vielleicht habe ich einige übersehen, manche werden auch nur in südlicheren Breiten und zu anderen Jahreszeiten zu beobachten sein. Helfen Sie mir, weitere zu finden? Zuschriften von Lesern, die ihre eigenen Deep-Sky-Paare gefunden haben, sind herzlich willkommen. <<

Kosmische Paare

Name	Sternbild	Rektasz. (2000.0)	Dekl. (2000.0)	Kartennummer im Sternatlas Sky Atlas	Millennium*	Objekttyp
NGC 6440	Schütze	17h 48,9m	–20° 22′	22	1369	Kugelsternhaufen
NGC 6445	Schütze	17h 49,2m	–20° 01′	22	1369	Planetarischer Nebel
NGC 6712	Schild	18h 53,1m	–08° 42′	16	1318	Kugelsternhaufen
IC 1295	Schild	18h 54,6m	–08° 50′	16	1318	Planetarischer Nebel
NGC 6939	Kepheus	20h 31,4m	+60° 38′	3	1074	offener Sternhaufen
NGC 6946	Kepheus	20h 34,8m	+60° 09′	3	1074	Spiralgalaxie

*MILLENNIUM STAR ATLAS

Sky & Telescope-Redakteur **Ken Hewitt-White** erreichen Sie per E-Mail unter kenlyn@universe.com.



GARY SERONIK

Meer am Rande

Im Mare Australe, der »Südsee des Mondes«, tummeln sich bis zu zweihundert Einzelkrater. **>> Charles A. Wood**

Der südöstliche Rand des Mondes unterscheidet sich so stark von seiner restlichen Oberfläche, dass man fast meinen könnte, er gehöre zu einem anderen Planeten. Hier gibt es keine klaren Trennungslinien zwischen Marebecken und Hochländern, sondern nur ein wildes Durcheinander von Lavaflächen und alten Einschlagkratern.

Wenn die Sonne über dem Mare Australe aufgeht, ist der Mond auf der Erde gerade mal als schmale Sichel knapp über dem Westhorizont sichtbar. Der Sonnenuntergang im Mare Australe ereignet sich dagegen kurz nach Vollmond, wenn der Mond auf Grund der gleißenden Helligkeit und der fehlenden Schatten von der Erde aus nicht optimal beobachtet werden kann. Das ist ein Grund, warum Amateurastronomen diese Region nicht so oft ins Visier nehmen. Ist man jedoch bereit, etwas genauer hinzuschauen, hat diese Region ihren besonderen Reiz. Zwar zeigt der Südostrand des Mondes die meiste Zeit nur wenige Konturen. Wenn die Libration des Mondes – so nennt man die Pendelbewegung unseres Trabanten, die periodisch sonst verborgene Gebiete der Mondrückseite zeigt – das Mare Australe aber etwas mehr auf die Mondvorderseite rückt, ist auch hier ein Teppich aus mareartigen Flecken zu sehen.

Die wahre Natur der teilweise auf der Rückseite des Erdtrabanten gelegenen »Südsee des Mondes« erkannten Forscher des US Geological Survey erstmals, als sie die Aufnahmen der Lunar-Orbiter-Sonden genauer unter die Lupe nahmen. Sie fanden heraus, dass das 900 Kilometer große, kreisrunde Gebiet aus rund 200 Einzelkratern mit Mareflecken besteht und daher ein sehr altes Einschlagbecken sein muss. Das Mare Australe und das am Südwestrand des Mondes gelegene Mare Orientale haben zwar in etwa die gleiche Größe, sind aber sonst von höchst unterschiedlicher Natur. Während Letzteres das wahrscheinlich jüngste Becken des Mondes ist und von deutlich sichtbaren konzentrischen Ringwällen und Auswurfmaterial umgeben ist, zeigt das Mare Australe keine dieser Eigenschaften. Bei hohem Sonnenstand ist es auf Grund seiner dunklen Lavaflächen gut zu erkennen. Bei niedrigem Sonnenstand kurz nach Neumond fallen vor allem die glatten Kraterböden auf.

BROWN UNIVERSITY / NASA NORTHEAST REGIONAL DATA CENTER

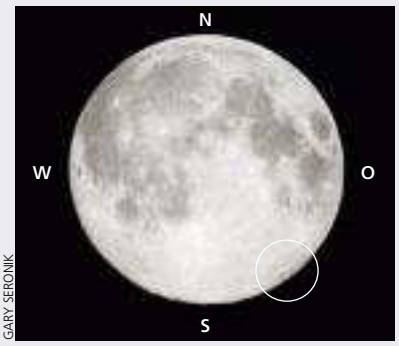
Ein Mosaik dunkler Krater: das Einschlagbecken des Mare Australe auf dieser Aufnahme des Lunar Orbiter

Der südöstliche Mondrand und das Mare Australe bei sehr günstiger Libration. S&T-Redakteur Gary Seronik nahm am 27. Juni 2001 dieses Bild mit einem 8-Zoll-f/6-Newton-Reflektor und einer Canon-Digitalkamera auf.

Wenn Sie im Norden und Osten der Mondkrater Pontécoulant und Hanno niedrige Wälle und dunkle Böden sehen, haben Sie das Mare Australe gefunden. Der dort beheimatete, 72 Kilometer breite Krater Oken hat einen dunklen Boden und einen sehr auffälligen Kraterrand; er sollte daher die meiste Zeit gut zu erkennen sein. Auch der in der Nähe liegende 140 Kilometer große Krater Lyot reicht mit seinen 84 Grad östlicher Länge fast bis an den Rand der Mondscheibe heran und ist deshalb für jeden Mondbeobachter eine Herausforderung. <<

Charles A. Wood ist begeisterter Mondbeobachter, Planetologe und Leiter der Bildungsprogramme von »Biosphere 2« in der Nähe von Tucson, Arizona.

So finden Sie das Mare Australe:



GARY SERONIK

Das Mare Australe liegt am Südostrand des Mondes. Es ist bei zunehmendem Mond zu beobachten, am besten jedoch kurz nach Vollmond, wenn die Sonne über dem Mare untergeht. Dies ist am 14. Juni, 13. Juli und 12. August der Fall.

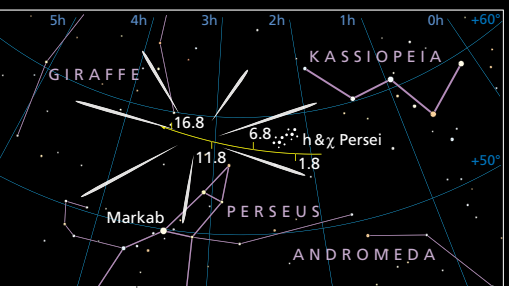
Wünsch dir was!

SPL / AG. FOCUS

Warum erzählt Ihnen ausgerechnet ein »astronomisches Greenhorn« wie ich etwas über die Perseiden? Vielleicht weil schon eine meiner frühesten Kindheitserinnerungen damit zu tun hat: Immer wenn ich nachts nicht schlafen konnte, habe ich mich still und leise aus meinem Kinderbettchen geschlichen und bin die Treppe hinunter in das Zimmer meines Vaters gewandert. Es war dunkel, nur eine kleine Stehlampe auf einem Regal brannte und mein Vater stand mit einem Fernrohr am Fenster und guckte in den Nachthimmel. Anstatt mich wegzuschicken, erzählte er mir von weit entfernten Sternen und natürlich auch von Sternschnuppen, bei deren Aufblitzen sich kleine Mädchen etwas wünschen könnten.

Viele Jahre später, ich war gerade 15, zum ersten Mal verliebt und auf Klassenreise im Hunsrück, kamen die Sternschnuppen zurück in mein Leben. Nachdem wir abends Holz gesammelt, Kartoffeln gegrillt und genug geredet, geflirtet, gesungen oder auch gestritten hatten, wurde es ruhig und fast andächtig. Alle blickten in den klaren Sternhimmel und unser Klassenlehrer erzählte uns über den Perseiden-Schauer, der uns bis zu hundert Meteore pro Stunde bietet. Wahnsinn, hundert Sternschnuppen, hundert sehnsüchtige Wünsche.

Meteore können Sie mit dem bloßen Auge erkennen, dabei sieht es so aus, als würden alle aus einem Punkt herausspringen, dem »Radianten«. Der befindet sich bei den Perseiden im Sternbild Perseus und wandert in Richtung der Giraffe. Beobachten Sie aber nicht direkt den Radianten, denn die Meteore, die in diesem Gebiet auftauchen, ziehen nur relativ kurze Spuren. Am besten schauen Sie in Richtung Norden, dort stört der Mond mit seinem hellen Licht am wenigsten. Und nicht vergessen: Sie dürfen sich was wünschen! <<

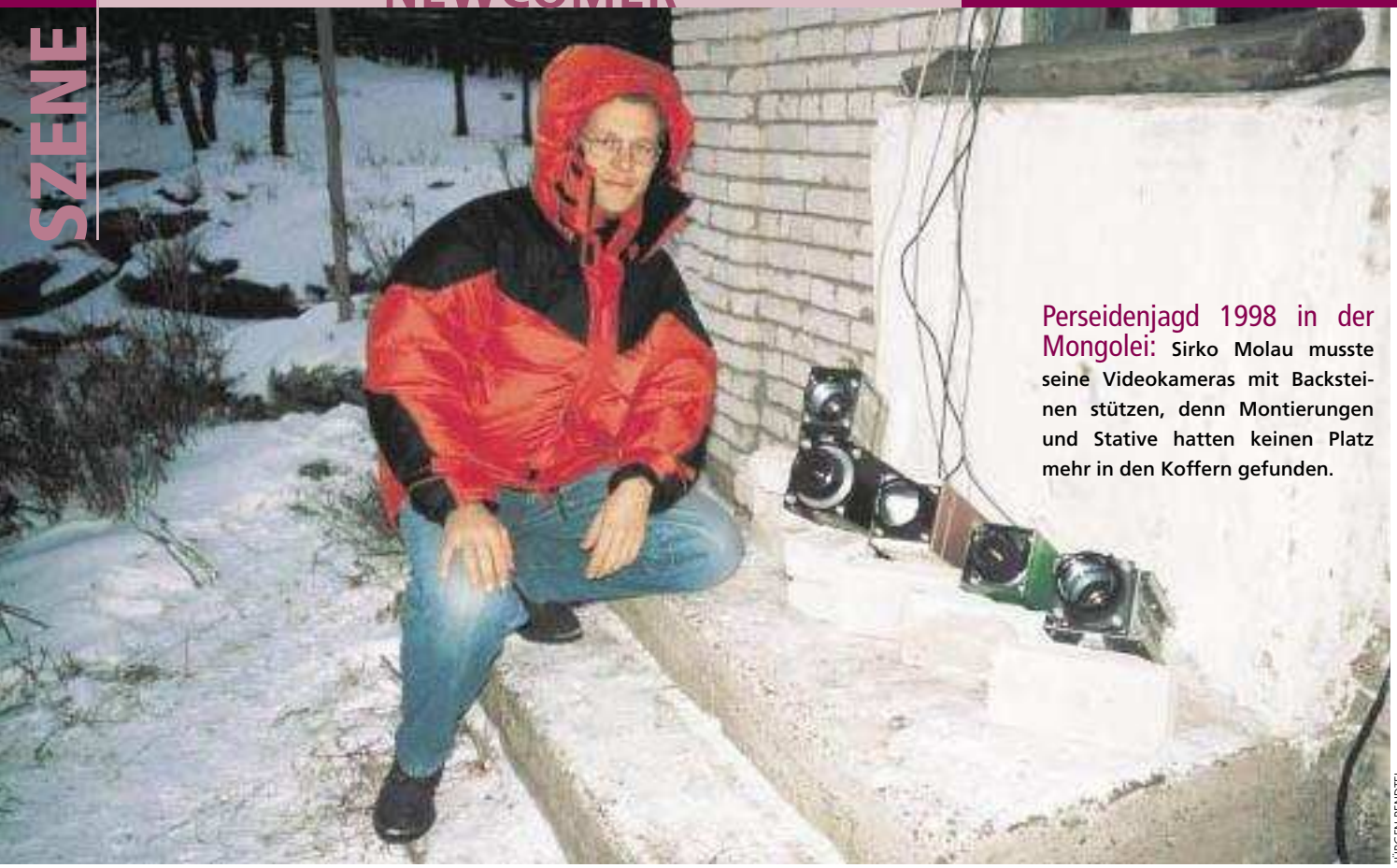


Elke Rosenfeldt

studierte Musik und Schauspiel in New York City. 1998 begann sie ihre journalistische Laufbahn beim Fernsehen und ist seit 1999 beim Sat.1-Nachrichtenteam.

Seit einem Jahr moderiert sie auch das Sat.1-Wissensmagazin »Planetopia« und präsentiert jeden Sonntag ab 22.45 Uhr Geschichten und Bilder rund um Natur, Mensch und Technik.

www.planetopia.de



Perseidenjagd 1998 in der Mongolei: Sirko Molau musste seine Videokameras mit Backsteinen stützen, denn Montierungen und Stative hatten keinen Platz mehr in den Koffern gefunden.

JÜRGEN RENDTEL

Sternschnuppenbeobachtung – vollautomatisch!

Bei Sirko Molau ging es rund in den letzten Monaten: neuer Job, neues Haus und nebenbei in Informatik promoviert. Doch in jeder sternklaren Nacht lässt der 32-Jährige sein Videosystem nach Meteoren fahnden.

GLOSSAR

Meteoroid: Kleinstkörper aus Stein oder Eisen, der die Sonne umkreist und einen Durchmesser zwischen weniger als einem zehntel Millimeter und einigen Metern aufweist.
Meteor oder **Sternschnuppe:** Leuchterscheinung, die beim Verglühen eines Meteoroiden in der Erdatmosphäre sichtbar wird.
Meteorit: Verglüht ein Meteoroid nicht vollständig und gelangt bis auf den Erdboden, wird er als Meteorit bezeichnet.

ASTRONOMIE HEUTE: Herr Molau, Sie haben eine sehr außergewöhnliche Methode zur Beobachtung von Meteoren entwickelt. Haben Sie jetzt ein leichtes Leben, während Ihr Computer die ganze Arbeit macht?

Sirko Molau: Das ist schon sehr schön, wenn alles vollautomatisch läuft. Meine Videokamera steht ohnehin immer im Garten. Abends muss ich nur noch den Objektivdeckel abnehmen und den Computer anwerfen. Meine Analysesoftware wertet die Videoaufnahmen in Echtzeit aus, während ich in Ruhe schlafen gehe. Und am nächsten Morgen sehe ich dann die Ergebnisse: Zwanzig bis dreißig Meteore entdeckt das System pro Nacht. Gestern Nacht, vom 22. auf den 23. April, waren es etwas mehr: Da gab es das Maximum der Lyriden, eines Meteorstroms mit Radianten im Sternbild Leier (»Lyra«).

AH: Ihre Art, Meteore zu beobachten, scheint ja recht unkompliziert.

Molau: Nun ja, zuvor habe ich fünf oder sechs Jahre lang sehr viel Zeit in diese Entwicklung gesteckt, da ist mein ganzes Herzblut hineingeflossen. Da-

Automatische Meteorbeobachtung mit bildverstärkten Videokameras

Für jemanden, der sich noch nicht genauer mit der Meteorbeobachtung befasst hat, mag es verblüffend klingen: Die grundlegende Beobachtungsmethode hat sich in den letzten hundert Jahren kaum geändert. Immer noch wird der Nachthimmel häufig visuell durchmustert, denn das menschliche Auge ist ein sehr effektiver Meteordetektor, der ein großes Gesichtsfeld bei gleichzeitig guter Grenzgröße überwachen kann. Berufsastronomen bevorzugen aber mittlerweile die Radarbeobachtung: Sie ist recht teuer, dafür aber automatisierbar.

Die Beobachtung per Videokamera ist eine weitere Alternative: Sie ist die jüngste Methode und vereint viele Vorteile anderer Verfahren. Sie erfasst ebenfalls ein großes Gesichtsfeld mit guter Grenzgröße, ist weniger anfällig für Beobachtungsfehler als das menschliche Auge und reagiert auch weniger empfindlich auf Streulicht. Ein Videosystem vermisst Position, Helligkeit und die Winkelgeschwindigkeit eines Meteors mit hoher Präzision, ohne müde zu werden. Dafür allerdings ist auch diese Technik recht teuer und von Strom abhängig.

Die wichtigste Komponente einer Videokamera für Meteore ist der Bildverstärker, üblicherweise einer der zweiten oder dritten Generation, der auf »Mikrokanalplatten« zur Verstärkung des Signals beruht. Setzt man die besten CCD-Kameras mit der ExView-HAD-Technologie von Sony ein, kommt man mittlerweile auch ohne Bildverstärker aus, zeichnet jedoch deutlich weniger Meteore auf als mit Verstärker.

Vor einen solchen wird üblicherweise ein lichtstarkes Fotoobjektiv montiert. Mit einem 50-Millimeter-Standardobjektiv erhält man bei Blende 1,8 ein Gesichtsfeld mit einem Durchmesser von etwa dreißig Grad, in dem Objekte bis zur 8. Größenklasse sichtbar werden. Ein Weitwinkelobjektiv (1,8/28 Millimeter) liefert ein Gesichtsfeld von etwa fünfzig Grad, das Meteore bis zur 6. Größe zeigt, während ein Teleobjektiv (1,5/100 Millimeter) Objekte jenseits 9. Größe bei einem Gesichtsfeld von nur noch etwa 15 Grad erfasst.

An der Rückseite des Bildverstärkers sitzt eine CCD-Videokamera, deren Aufnahmen auf Videokassetten aufgezeichnet werden. Nachdem die Datenanalyse lange Zeit der Flaschenhals bei der Meteorbeobachtung mit Videokameras war, lassen sich die Aufnahmen nun aber auch direkt mit dem Computer verarbeiten. Seit zehn Jahren entwickle ich Software, die Meteore im Videosignal in Echtzeit detektiert, und seit 1998 arbeite ich an dem Programmpaket MetRec. Es läuft unter den Betriebssystemen Dos und Windows 95/98 und steht auf www.metrec.org zum Herunterladen bereit.

MIRKO NITSCHKE

Die bildverstärkte Videometeorkamera VK1

In qualitativ hochwertigen Aufnahmen registriert MetRec etwa achtzig Prozent der Meteore und übersieht nur die schwächsten. Das ist mit der Erkennungsleistung eines Beobachters vergleichbar, der das Videoband in einem Durchlauf vor dem Fernseher inspiziert. Außerdem führt MetRec die komplette Datenanalyse online durch, von der Transformation der Koordinaten bis zur Messung von Helligkeit und Winkelgeschwindigkeit. MetRec identifiziert den Meteorstrom und speichert Meteorbilder und Bildsequenzen ab. Seit 1999 arbeitet die Software vollautomatisch. Neben einer Textdatei erstellt sie Datenbankdateien im »PosDat«-Format, das von anderen Programmen zur Analyse von Meteorströmen benutzt werden kann.

Das Videokameranetz des Arbeitskreises Meteore, das mit MetRec arbeitet, ist mittlerweile auf weltweit elf Stationen angewachsen. Zudem wird die Software von verschiedenen astronomischen Instituten genutzt. Von besonders großer Hilfe war sie bei der Auswertung der Leonidenschauer 1999 und 2001, als sie schon kurze Zeit nach der Beobachtung detaillierte Ergebnisse der Meteorstürme wie Aktivitätsprofile und Radiantenplots lieferte.

SIRKO MOLAU

Eine Kurzbiografie des Autors **Sirko Molau** finden Sie auf der folgenden Seite.

für wächst die Datenbank jetzt täglich. Man kann sich Animationen der verglühenden Sternschnuppen ansehen oder die Positionsdaten auswerten. In zwei bis drei Jahren, wenn genug Daten beisammen sind, werde ich mich gemeinsam mit anderen Beobachtern vom Arbeitskreis Meteore (»AKM«) intensiv an die Arbeit machen. Wir werden die Radianten verschiedener Meteorströme bestimmen – das ist der Punkt, in dem sich die Bahnen aller Meteore desselben Stroms scheinbar schneiden, wenn man ihren Weg zurückverfolgt – und die Radiantendrift ermitteln. Unter anderem wollen wir auch herausfinden, ob Meteorströme charakteristische Lichtkurven aufweisen. Und sicherlich entdecken wir einige, die wir bislang noch nicht kennen.

AH: Automatische Meteorbeobachtung – wer macht das noch außer Ihnen?

Molau: Derzeit gibt es noch eine weitere Software, die Videobilder in Echtzeit nach Meteoren durchsucht. Sie wird hauptsächlich bei Flugzeugmissionen eingesetzt, die oberhalb der Wolkendecke nach den Leoniden Ausschau halten. Unser Kameranetzwerk ist aber einmalig: Beobachter in Deutschland, Finnland, England, Holland, Tschechien, auf den Kanarischen Inseln und in Australien arbeiten mit meiner Software und schicken regelmäßig ihre Daten. Das beeindruckt sogar Berufsastronomen. Als wir unser System vor zwei Jahren auf der »Meteoroids«-Konferenz vorstellten, waren die Leute völlig begeistert. »Wer finanziert das?«, wollten alle wissen und konnten gar nicht glauben, dass

ANZEIGE

dies von ein paar Amateurastronomen in ihrer Freizeit geleistet wird.

AH: Wie kommt es eigentlich, dass Sie sich so ganz den Meteoren verschrieben haben?

Molau: Mit 13 oder 14 Jahren, als ich abends mit meinem Vater durch den Feldstecher die Sterne anguckte, habe ich das erste Mal Blut geleckt. 1986 bin ich dann zur Archenhold-Sternwarte in Berlin gekommen. Mit einer kleinen Gruppe Jugendlicher sind wir damals ins Mecklenburgische gefahren, haben auf einem LPG-Hof gezeltet und – weil gerade August war – nachts eben die Perseiden beobachtet.

AH: Damals noch ohne Videokamera?

Molau: Sicher. Erst lagen wir auf Luftmatratzen, zählten die Meteore visuell und zeichneten sie in Karten ein. Später haben wir ein Handgerät für den Computer entwickelt, über das wir Helligkeit und Meteorstrom eingeben konnten. Und 1991 war ich dann mit Mirko Nitschke, einem befreundeten Physiker ebenfalls aus dem AKM, auf einer internationalen Meteorkonferenz. Dort haben wir ein Poster über Videometeorbeobachtung mithilfe eines Bildverstärkers entdeckt, und uns ist eingefallen: So einen Verstärker haben wir in unserer Heimatsternwarte Archenhold doch auch! Und so fingen wir an, unser eigenes System zu entwickeln.

AH: Wann kam es dann zum Einsatz?

Molau: Das war im August 1992, als die Perseiden zu sehen waren. Wir haben den Bildverstärker auf ein Stativ gepackt, vorne ein Fotoobjektiv befestigt und dahinter eine Videokamera auf einem zweiten wackeligen Stativ montiert. Unser Projekt schien allerdings erst einmal schief zu gehen, es war nämlich bewölkt. In einer halben Stunde effektiver Beobachtungszeit haben wir dann aber ein Dutzend Meteore gesehen. Und tatsächlich habe ich später etwa genauso viele auch auf dem Videoband entdeckt, das hat mich sehr fasziniert.

AH: Was tun Sie eigentlich, wenn ein Meteorschwarm mal nicht in Deutschland zu sehen ist?

Molau: Oft bin ich hinterhergereist, in die Mongolei zum Beispiel oder auch nach Südkorea. 1999 ging es völlig spontan nach Südspanien. Eigentlich wollten wir von Berlin aus beobachten. Zwei Tage zuvor wurden aber Wolken angekündigt, sodass wir am Tag des Maximums kurzfristig ins Flugzeug nach Malaga stiegen, ein Auto mieteten, mit unserer Ausrüstung schnell in die Berge fuhren und dort dann eine wunderbare Sicht hatten. Im letzten Jahr habe ich allerdings das Beste verpasst, denn das Maximum der Leoniden fiel mit meinem zweiten Tag bei meinem neuen Arbeitgeber zusammen. Als Nächstes stehen im August aber sicher wieder die Perseiden auf dem Programm. <<

TERUAKI KUMAMORI

Mehr als hundert Meteore pro Minute waren während des Leonidensturms am 18. November 1999 zu sehen.

Das Gespräch führte Thilo Körkel. Über Sternschnuppen berichten auch »Mein Favorit am Himmel« auf S. 55 und »Nachtleben in Hongkong« auf S. 60.

Kurzbiografie: Sirko Molau

Geboren am 4. März 1971, aufgewachsen in Berlin. Mitarbeit an der Berliner Archenhold-Sternwarte. 1990 bis 1997 Informatikstudium in Chemnitz, dann fünf Jahre Promotion über automatische Spracherkennung in Aachen. Lebt bei München und arbeitet in der IT-Abteilung eines Münchener Autoherstellers. Direktor der Videokommission der International Meteor Organization (www.imo.net), Leiter des Arbeitskreises Meteore (www.meteoros.de) und der VdS-Fachgruppe Meteore (www.vds-astro.de). Homepage: www.molau.de.

Mitteilung der Vereinigung der Sternfreunde e. V.

Astronomietag 2003

Kopf hoch, Augen auf! Die Vereinigung der Sternfreunde ruft am 23. August 2003 den ersten deutschen Astronomietag aus.

Der Rote Planet Mars wird der Erde zwischen Ende August und Anfang September so nahe kommen wie seit Jahrtausenden nicht mehr und als hell leuchtender Punkt am Südhimmel stehen. Die Vereinigung der Sternfreunde e.V. (VdS) ergreift nun diese einzigartige Gelegenheit, um erstmals in Deutschland einen »Astronomietag« auszurufen. An diesem Tag, dem 23. August 2003, wollen wir uns von Mars in seinen Bann ziehen lassen – fünf Tage vor seiner größten Annäherung an die Erde. Bundesweite Aktionen, private und öffentliche Himmelsbeobachtungen, Veranstaltungen in Planetarien und Volkssternwarten, Vorträge und Berichte in den Medien sollen in unserer Gesellschaft mehr Bewusstsein für die Astronomie schaffen, auch über diesen besonderen Tag hinaus.

Längst haben andere Länder wie die USA, Frankreich oder Großbritannien solche regelmäßigen Veranstaltungen eingerichtet, die stets großes Interesse finden und bei denen die Freude an der Astronomie im Vordergrund steht. Auch der deutsche Astronomietag soll das Interesse der Öffentlichkeit an den vielfältigen Geheimnissen des Kosmos wecken und den Einzelnen dazu anregen, seine Kenntnisse in der Astronomie zu vertiefen. Langfristig kann dies auch dazu beitragen, die Astronomie wieder in den Schulen zu etablieren. Nicht zuletzt ist dieser Tag eine gute Gelegenheit, auf Probleme wie die zunehmende Licht- und Luftverschmutzung hinzuweisen, die unseren Blick zum Himmel trübt.

Wer sich über Veranstaltungen in seiner Nähe informieren oder selbst eine astronomische Veranstaltung organisieren möchte, für den haben wir die Seite www.astronomietag.de ins Internet gestellt. Und natürlich können Sie einfach in Ihrer Volkssternwarte oder in einem Planetarium in Ihrer Nähe nach geplanten Aktionen fragen.

Zusätzlich werden wir auch in den Medien über das aktuelle Geschehen berichten, sodass am 23. August hoffentlich jeder weiß, was am Himmel über Deutschland los ist – frei nach dem Motto »Kopf hoch, Augen auf«.

Wolfgang Steinicke,
Vorstand der Vereinigung der Sternfreunde e.V.

Diesen Astronomietag-Flyer (Ausschnitt) stellt die VdS Volkssternwarten, Planetarien und anderen Institutionen in großer Stückzahl für Werbezwecke zur Verfügung. Sie können bei der VdS-Geschäftsstelle (Postanschrift: Am Tonwerk 6, D-64646 Heppenheim) oder per E-Mail (vds-astro@t-online.de) angefordert werden.

Kalender

14. – 15.6.: 6. Kleinplanetentagung (VdS). Drebach bei Chemnitz. Info: G. Lehmann, Tel. (037341) 75 90, E-Mail: g.lehmann@abo.freiepresse.de, www.minorplanets.de/tagung2003

21.6. – 12.10.: »Von Bremen in fremde Galaxien. Raumfahrt und die Mission Erde«. Ausstellung im Übersee-Museum Bremen. Info: Tel. (0421) 16 03 81 60, www.weltraum-bremen.de

14. – 16.7.: Tage der Schulastronomie. Sohland/Spree (Oberlausitz). Info: Sächsische Akademie für Lehrerfortbildung, Ralf Trommer, Tel. (03521) 41 27 37, E-Mail: ralf-trommer@salf.smk.sachsen.de

19.7. – 8.8.: International Astronomical Youth Camp. Klingenthal bei Dresden. Info: Jörg Dietrich, Tel. (089) 32 38 69 44, E-Mail: info@iayc.org, www.iayc.org

31.7. – 3.8.: 1. Amateur-Teleskoptreffen Burgwald. Wohratal-Hertingshausen bei Marburg an der Lahn. Information: Manfred Velte, Tel. (0170) 7 43 47 62, E-Mail: astronomie@onlinehome.de

2. – 16.8.: Astronomisches Sommerlager 2003 (VdS). Hobbach bei Aschaffenburg. Info: Susanne Hoffmann, Tel. (0331) 9 79 20 37, www.vds-astro-jugend.de/sommerlager

23. – 24.8.: 2. Berlin-Brandenburger Teleskoptage. Neu Golm bei Berlin. Info: Tel. (030) 8 33 33 34, www.berlin-brandenburger-teleskoptage.de

18. – 21.9.: International Meteor Conference 2003. Bollmannsruh bei Potsdam. Info: Ina Rendtel, E-Mail: ina.rendtel@meteoros.de oder Arbeitskreis Meteore e.V., Tel. (0331) 7 49 93 56, http://aipsoe.aip.de/~rend/2003imc.html

19. – 21.9.: 11. Österreichischer CCD-Workshop. Mariazell, Österreich. Info: Günther Eder, Tel. +43 (676) 5 23 30 70, Ansage der Sternwarte: Tel. +43 (3882) 22 53, http://ccdeder.freewebspace.com/ccdws2002/indexWS03.htm

VdS: Vereinigung der Sternfreunde e.V., www.vds-astro.de

K. C. KONG / HKAS

Deep-Sky-Beobachter und Astrofotografen aus Hongkong hoffen meist vergebens auf dunklen Himmel und klare Sicht. Die Nacht vom 12. Juni 1999 war eine der besten, die die Metropole je erlebt hat. Von einem Standort am High-Island-Stausee aus gelang damals diese zwanzigminütige Belichtung des Milchstraßenzentrums mit einem 50-mm-Standardobjektiv auf Fuji Superia 400.

Nachtleben in Hongkong

Lichter der Großstadt – die Besucherattraktion der Hightech-Oase ist für Astronomen die größte Pein. Dennoch gibt es in der asiatischen Metropole eine sehr lebendige Amateurszene.

>> Eric Wai-Kin Ng

Die ehemalige britische Kolonie hat etwa die Größe des Ruhrgebiets und besteht aus einer Halbinsel sowie rund zweihundert vorgelagerten Inseln im Südchinesischen Meer. Die größten von ihnen sind Lantau und Hongkong, von der die Stadt ihren Namen hat. Die Region ist sehr hügelig, und die bebaubare Fläche ist knapp. Dementsprechend reiht sich im Stadtzentrum Wolkenkratzer an Wolkenkratzer, und die meisten der über sieben Millionen Einwohner leben in Hochhäusern.

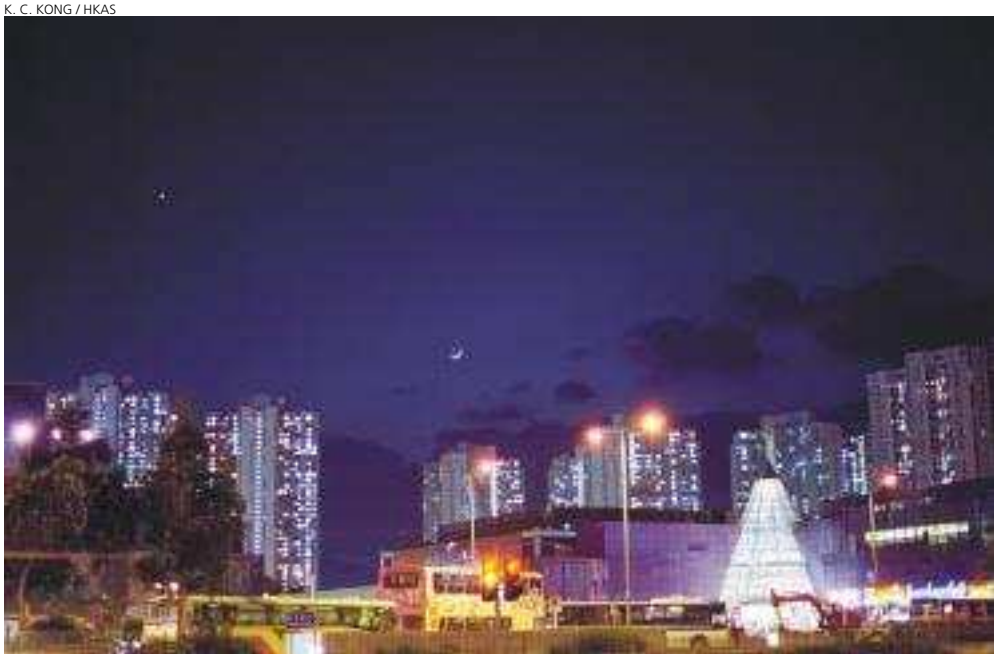
Dem Interesse an Astronomie tut dies jedoch keinen Abbruch. 1970 formierte sich die erste astronomische Vereinigung der Stadt um den angesehenen Astrofotografen Joseph H. C. Liu, die Hong Kong Astronomical Society (HKAS). Mit inzwischen über vierhundert aktiven Mitgliedern veranstaltet die HKAS in Zusammenarbeit mit den örtlichen Universitäten und wichtigen öffentlichen Institutionen Vorträge und Kurse.

Besonders des Nachts, wenn die unzähligen Neonschilder die Stadt erleuchten, bietet der Anblick des Victoria-Hafens vielen Touristen eines der spektakulärsten Panoramen dieser Welt. Dies macht natürlich die Deep-Sky-Beobachtung zu einem Ding der Unmöglichkeit, die visuelle Grenzgröße liegt im Stadtgebiet bei zwei bis drei. Die Clubmitglieder müssen deshalb mit ihrer schweren Ausrüstung zehn, zwanzig oder mehr Kilometer per Auto, Taxi, Bus oder Fähre zurücklegen, um im Umland oder auf den weiter entfernten Inseln einen dunklen Himmel zu finden. Dort beträgt die Grenzgröße ungefähr fünf, in seltenen Nächten auch mal sechs.

Einige der Sternfreunde haben sogar Häuser in ländlichen Gegenden angemietet, nur um dort ihre Ausrüstung aufbewahren und während klarer Nächte beobachten zu können. Andere bleiben lieber in der Stadt und konzentrieren sich auf die Mond- und Planetenbeobachtung. Obwohl Hongkong auf Grund seiner niedrigen geografischen Breite von 22,5 Grad Nord eigentlich gut geeignet ist, die hoch am Firmament stehenden Planeten systematisch zu beobachten, macht die häufige Bewölkung dies zunichte.

Die Jagd nach Sternschnuppen ist unter den Amateurastronomen in Hongkong besonders beliebt, da hierfür keine aufwändige Ausrüstung benötigt wird. Die Nacht vom 15. auf den 16. November 1998 mit der dramatischen Aktivitäts-

K. C. KONG / HKAS



Eine typische Szene in Hongkong: Die ungehemmte Lichtverschmutzung stellt das Problem Nummer eins für die hier lebenden Amateurastronomen dar. Dieses Foto wurde im Oktober 2000 von Tin Shui Wai aus aufgenommen, einem vom Stadtzentrum weit entfernt liegenden Wohngebiet. Zu sehen sind nur die hellsten Objekte am Himmel: Venus (oben links) und der zunehmende Mond.

TOMMY TANG / HKAS

spitze des Leoniden-Meteorstroms begeisterte Beobachter weltweit. Vor der Morgendämmerung des 16. November gelang es verschiedenen Mitgliedern der HKAS, einen atemberaubenden Boliden –17. Größe von verschiedenen Beobachtungsstandpunkten aus auf gewöhnlichem Kleinbildfilm zu bannen. Andere Vereinsmitglieder sahen in diesen Stunden mit bloßem Auge mehr als sechshundert Sternschnuppen und verzeichneten sie auf Karten.

Der Himmel in Pixeln

Zur Zeit der Gründung der HKAS in den 1970er Jahren war es gängige Praxis, für die Aufnahmen handelsübliche Filmemulsionen zu verwenden. Seit der Einführung von digitalen Bildaufzeichnungsverfahren experimentieren viele mit dem neuen Medium. Der Verein hat verschiedene Geräte erprobt wie etwa gekühlte CCD-Kameras, kommerzielle Digitalkameras und Webcams. Die Resultate waren sehr ermutigend. Canon Lau ist Mitglied der Gruppe »Digitale Astrofotografie«, auch wenn er eigentlich ein glühender Verfechter der Fotografie mit traditionellem Filmmaterial ist. Trotzdem begann er, mit einer Nikon-Coolpix-950-Digitalkamera Mond- und Planetenaufnahmen zu machen – und auf Anhieb gelang ihm ein Titelfoto für Sky & Telescope (siehe auch sein Saturnbild auf S. 78). »Ich bin sehr beeindruckt, wie gut kommerzielle Digitalkameras geeignet sind, den Mond und die Planeten abzubilden«, äußert sich Lau. »Es ist so unglaublich einfach und gleichzeitig sehr effektiv.«

Die Rückgabe der englischen Kronkolonie an China hatte kaum Auswirkungen auf die lokale Amateurastronomie – nach wie vor gibt es keinerlei Unterstützung von der Stadt. Alle Kontakte zu Bildungs- und Erziehungseinrichtungen des Bezirks sind auf persönliches Betreiben hin zu Stande gekommen, wie die zum »Ho Koon Nature Education cum Astronomical Centre« HKNEAC, für das der Verein als technischer Ratgeber fungiert. Das HKNEAC betreibt einen computergesteuerten DFM-50-Zentimeter-Ritchey-Chrétien-Reflektor – lange Zeit das größte Teleskop Hongkongs. Dieser wird auch für Forschungsvorhaben eingesetzt. So führt die HKAS zusammen mit der Yunan-Sternwarte der Volksrepublik China ein Überwachungsprogramm von veränderlichen Sternen durch – eine beispielhafte Zusammenarbeit zwischen Profi- und Amateurastronomen.

Ein Bolide der Leoniden **mit einer Helligkeit von –12. Größe rast »in« ein Hochhaus der Stadt, eingefangen am 16. November 1998 mit einem 50-mm-f/2,8-Objektiv auf einem Fuji Superia 400. Bei vielen Leoniden jenes Jahres handelte es sich um Boliden. Diese waren hell genug, um sogar vom Stadtzentrum aus gesehen zu werden.**

Ein weiteres Projekt der HKAS war der Bau eines rechnergesteuerten 63,5-Zentimeter-Dobsons, derzeit das größte Teleskop in Hongkong.

Die HKAS ist stolz auf den ständigen Austausch mit Amateurastronomen aus China, dem nahen Macau, aber auch aus Taiwan, den Philippinen, Singapur, Japan, Neuseeland und Australien. Besucher sind bei den Treffen jederzeit willkommen. Informationen können per E-Mail auf Englisch von hkas@hkas.org.hk erbeten werden. <<

Eric Wai-Kin Ng ist begeisterter Deep-Sky-Beobachter und CCD-Astrofotograf. Er hat bereits mehrere Teleskope im Eigenbau hergestellt, zum Beispiel einen 40-Zentimeter-Dobson. Er bedankt sich bei Henry Ho und H. C. Ng für die Hilfe bei diesem Artikel.

Entfernungsmessung im Weltall

Wie groß ist ein Lichtpunkt?

Kernphysiker und Astrophysiker haben etwas gemeinsam: Sie erforschen Dinge, die sie nicht anfassen können. Erstere behelfen sich damit, dass sie die winzigen Objekte ihrer Begierde mit Teilchen höchster Energie beschießen. Die Ablenkung der Geschosse an den Atomkernen und deren Bestandteilen verrät ihnen etwas über deren Größe. Je höher die Energie der Projektile, umso feiner können sie die Objekte abtasten. Einfacher haben es da die Astrophysiker mit den riesigen Himmelskörpern. Doch nur auf den ersten Blick: Sonne und Mond erscheinen beispielsweise am Himmel immer gleich groß. Trotzdem ist die Sonne in Wirklichkeit 400-mal größer als der Mond. Doch das wissen die Astronomen erst, seit sie die Entfernungen der beiden Himmelskörper von der Erde bestimmt haben.

Aus dem Durchmesser eines Körpers am Himmel und seiner Entfernung von der Erde kann man nach einer einfachen Rechnung seine tatsächliche Ausdehnung berechnen. Schwieriger wird es, wenn die Objekte selbst in den größten Fernrohren nur als Lichtpunkte erscheinen. Seit aber bekannt ist, dass Sterne in grober Näherung so strahlen wie glühende Körper auf der Erde, kann man den Durchmesser eines punktförmigen Objekts auch auf indirektem Weg bestimmen. Allerdings muss man hierfür dessen Entfernung kennen, um daraus abzuleiten, wie viel Energie der Stern pro Sekunde abstrahlt. Der Fachausdruck hierfür ist die Leuchtkraft eines Sterns. Sie hat indes nichts mit dessen Helligkeit am Himmel zu tun, denn ein Stern kann hell sein, wenn er nahe steht, obwohl er nur eine geringe Leuchtkraft besitzt. Er kann dem Beobachter aber auch schwach erscheinen, obwohl er eine große Leuchtkraft hat, einfach nur weil er weit entfernt ist. Kennt man seine Entfernung, so kann man die Leuchtkraft aus seiner Helligkeit am Himmel – der so genannten scheinbaren Helligkeit – berechnen.

Weißer Sirius – rote Beteigeuze

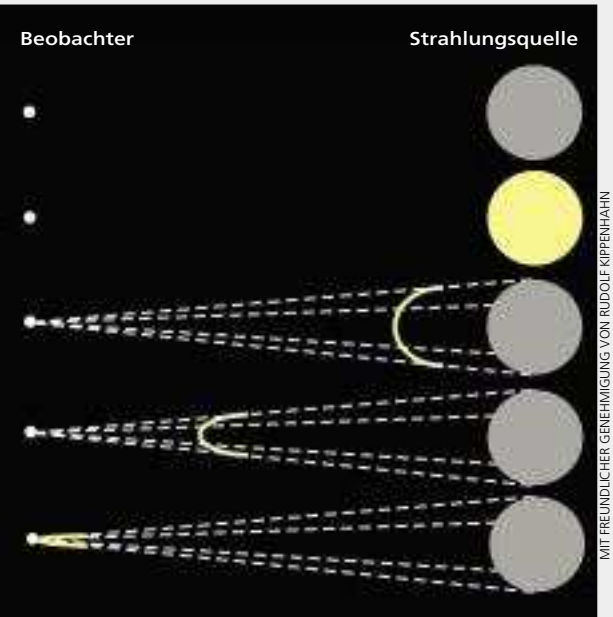
Das Licht eines Sterns verrät durch seine Farbe die Temperatur an dessen Oberfläche – ähnlich wie ein glühendes Stück Eisen, das bei hoher Temperatur weiß, bei niedriger Temperatur aber nur noch rötlich leuchtet. So erscheint uns Sirius, der hellste Stern des Nachthimmels, weiß, weil er an seiner Oberfläche eine Temperatur von nahezu 10000 Grad besitzt, während wir Beteigeuze, den Helligkeitsrekordhalter im Sternbild Orion, mit einer Temperatur von nur etwa 3000 Grad rötlich leuchten sehen.

NASA

Das Bild der Galaxie M87 zeigt den punktförmigen Kern (links oben), von dem Teilchen mit hoher Geschwindigkeit in einem gebündelten Strahl ausgestoßen werden.

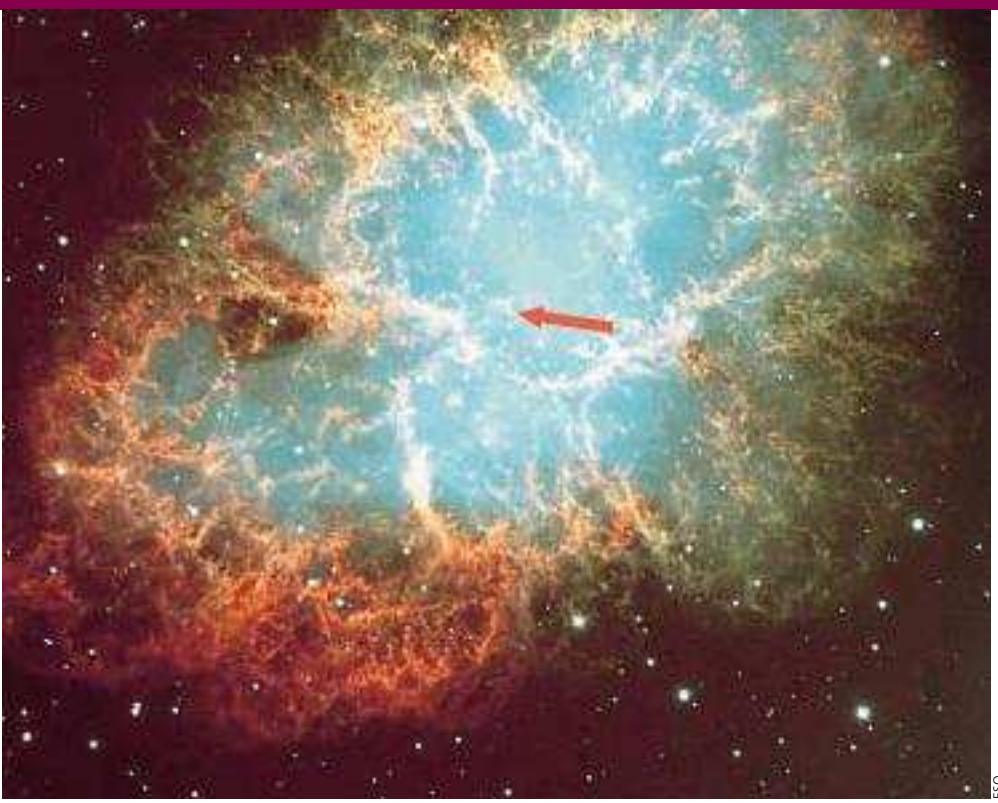
Nun weiß man, dass eine heiße Oberfläche ungleich mehr Energie in den Raum hinausstrahlt als eine kühle: Doppelte Temperatur bedeutet hier 16fache Abstrahlung, dreifache Temperatur 81fache Abstrahlung. Tatsächlich strahlt ein Stück der Siriusoberfläche etwa hundertmal mehr Energie pro Sekunde ab als ein gleich großes Stück der Oberfläche von Beteigeuze. Wenn also ein Stern am Himmel rötlich erscheint, wissen wir, dass seine Temperatur relativ niedrig sein muss. Ein Quadratzentimeter seiner Oberfläche sendet nur wenig Energie aus. Wenn seine Leuchtkraft groß ist, dann müssen an seiner Oberfläche viele schwach strahlende Quadratzentimeter Platz haben – der Stern muss also sehr groß sein. Umgekehrt folgt, dass Sterne niedriger Leuchtkraft, aber hoher Temperatur klein sein müssen. Diese hier nur qualitativ betrachteten Argumente genügen den Astronomen, um die Größe von Sternen zu bestimmen. Sie müssen also nur deren scheinbare Helligkeit, ihre Farbe und Entfernung kennen.

Die unterschiedliche Laufzeit des Lichts



MIT FREUNDLICHER GENEHMIGUNG VON RUDOLF KIPPENHAHN

Ein ausgedehntes Objekt (rechts) steht im hier beschriebenen Fall so weit vom Beobachter (links) entfernt, dass dieser es nur als Lichtpunkt wahrnimmt. Leuchtet die Quelle kurz auf (gelb), so erreichen die Photonen, die von verschiedenen Stellen ihrer Oberfläche ausgehen, das Auge des Beobachters auf unterschiedlich langen Wegen – sie kommen also nacheinander an. Der Lichtblitz wird quasi über einen längeren Zeitraum gedehnt.



ESO

Der Krebsnebel, Überrest einer im Jahre 1054 n. Chr. im Sternbild Stier beobachteten Sternexplosion, beherbergt in seinem Zentrum einen Pulsar (roter Pfeil). Er sendet jede Sekunde 30 scharfe Radio- und Lichtpulse in Richtung Erde aus.

Was aber, wenn man das Objekt gar nicht sieht oder wenn es sich nicht wie ein glühender Körper verhält? Auch dann sind die Astronomen nicht ganz hilflos. Ein Beispiel: Im Jahr 1967 wurden die Pulsare entdeckt. Das sind Radioquellen, die ihre Strahlung nicht gleichförmig, sondern in Form von Pulsen im Sekundenrhythmus oder schneller in den Raum aussenden. Die Schnelligkeit, mit der die Strahlung eines Objekts sich ändert, gibt den Astronomen aber einen Hinweis auf dessen Größe. Nehmen wir der Einfachheit halber einmal an, das Objekt sei eine Kugel, die einen kurzen Lichtblitz aussendet. Doch wie sieht ein Beobachter den Lichtblitz, wenn er so weit von der Kugel entfernt ist, dass sie ihm nur noch als Punkt erscheint? Elektromagnetische Strahlen breiten sich mit Lichtgeschwindigkeit aus. Die von verschiedenen Stellen der Kugel ausgesandten Lichtwellen müssen dabei unterschiedlich lange Wege zurücklegen, ehe sie das Auge eines Beobachters treffen (siehe Grafik links).

Das Licht, das von verschiedenen Stellen der Oberfläche ausgeht, trifft zu verschiedenen Zeiten bei ihm ein. Zuerst erreicht ihn das Signal, das von der ihm am nächsten gelegenen Stelle der Kugeloberfläche kommt, dann das Licht von anderen Punkten, von denen es einen längeren Weg zurücklegen musste. Schließlich kommt die Nachricht vom Rand der sichtbaren Kugelhälfte bei ihm an. Der Lichtblitz erscheint dem Beobachter also zeitlich unscharf. Er registriert ihn als ein in die Länge gezogenes Leuchten. Aus dem scharfen Blitz wird ein Ansteigen und Absinken der Helligkeit. Die Zeit zwischen der Ankunft des ersten Lichtsignals und dem letzten entspricht der Zeit, die das Licht benötigt, um den Radius der Kugel zu durchlaufen. Beträgt die Dauer des Pulses vom Beginn des An- bis zum Ende des Abschwellens eine tausendstel Sekunde, dann kann die Strahlungsquelle nicht größer als 300 Kilometer sein. Das entspricht in etwa der Entfernung München – Heidelberg.

Kugeln aus Neutronen

Bis zur Entdeckung der Pulsare galten die Weißen Zwerge als die kleinsten Sterne. Sie haben in etwa die Größe der Erde. Astronomen und theoretische Physiker vermuteten jedoch schon früher, dass es noch kleinere strahlende Himmelsobjekte geben müsste, die Neutronensterne. Doch niemand hatte je einen gesehen. Sollte es sich bei den Pulsaren um die lange gesuchten Neutronenkugeln handeln? Bald zeigte sich, dass jeder Pulsar-Peak noch eine Feinstruktur besaß. Innerhalb einer zehntausendstel Sekunde zeigt die Strahlungsenergie eines jeden Pulses noch einmal Schwankungen. Das ließ die Astronomen auf eine Größe von nur dreißig Kilometern schließen und entsprach damit der theoretisch vorhergesagten Größe von Neutronensternen. Schließlich erkannte man, dass die Pulse dadurch zu Stande kommen, dass der Stern zwei Strahlungskegel in den Raum sendet, die mit dem Stern rotieren und wie die Lichtkegel eines Leuchtturms über den Beobachter hinwegziehen. Aus der Zeit, in der die Pulse aufeinander folgen, lässt sich die Rotationsdauer des Pulsars abschätzen. Sie liegt im Sekundenbereich oder sogar noch darunter. So rasch kann kein normaler Stern rotieren, ohne von seinen eigenen Fliehkräften zerrissen zu werden. Nur auf Neutronensternen ist die Schwerkraft so groß, dass ihnen derart hohe Kräfte nichts anhaben.

Die Größenbestimmung von Himmelsobjekten anhand der Lichtlaufzeit brachte auch den entscheidenden Hinweis auf die Natur der Galaxienkerne. Aus den Zentralgebieten mancher Galaxien dringt solch starke Strahlung nach außen, dass sie das Licht von Milliarden von Sternen der Galaxie überstrahlt. Von Quasaren – das sind Galaxien, die sich anfangs nur durch ihre Radiostrahlung verrieten – sah man zuerst nur den punktförmigen Kern (daher der Begriff: »quasistellar radio source«). Die Strahlung dieser extrem hellen Galaxienkerne ändert sich manchmal innerhalb von Stunden. Das bedeutet, dass die Leistung von Milliarden von Sternen aus einem Volumen kommt, das bequem in unserem Sonnensystem Platz hätte. Diese exotischen Objekte standen auch am Anfang der Überlegungen, die letztlich zur Erkenntnis führten, dass sich in den Zentren dieser wie auch aller anderen Galaxien Schwarze Löcher verstecken müssten. <<

Rudolf Kippenhahn, geb. 1926 in Bärringen (Tschechoslowakei), leitete von 1975 bis 1991 das Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching. Seit seiner Pensionierung lebt er als Schriftsteller in Göttingen.

Glasnost aus Sibirien

Bekannt für bewährtes Design und robuste Konstruktion: Der russische Refraktor TAL 100R (»Telescop Astronoma-Ljubitelja«) kommt in überarbeiteter Ausführung als 100RS in den Handel.

>> Ethan Kalemjian

Das TAL 100RS **ist bis auf den unterschiedlichen Okularauszug identisch mit dem getesteten 100R-Modell. Die Marke TAL ist im Verlauf des letzten Jahrzehnts außerhalb Russlands und speziell in Europa immer beliebter geworden.**

Auch wenn sie manchmal als Relikte des 19. Jahrhunderts angesehen werden, erfüllen achromatische Refraktoren (siehe Kasten rechts) dennoch die Wünsche von Amateurastronomen, die einerseits die Leistung einer abschattungsfreien Optik ohne Fangspiegel im Strahlengang suchen und andererseits nicht nach einem superedlen und teuren Apochromaten verlangen.

Während apochromatische Geräte einem ewigen Wandel aus exotischen Glassorten und Linsendesigns unterliegen, hat sich das einfache, aus zwei Linsen bestehende achromatische Objektiv seit Mitte des 18. Jahrhunderts kaum verändert. Trotz einiger Probleme – vor allem der Farbfehler –, die das Konstruktionsprinzip mit sich bringt, ist ein guter Achromat durchaus in der Lage, hervorragende und detailreiche Abbildungen zu liefern, die nur einen geringen Rest an blauem Farbsaum aufweisen. Es grenzt fast schon an Ironie, aber die ungebrochene Erfolgsserie moderner Apochromaten hat das in den letzten Jahren eher schwindende Interesse an achromatischen Linsenteleskopen wieder belebt. Seit kurzem haben einige Hersteller, besonders aus Fernost, auf die wieder wachsende Nachfrage mit der Herstellung recht guter und vor allem preiswerter Geräte reagiert.

Russland ist seit langem für seine hervorragenden Amateurteleskope bekannt. Besonders die sibirische Marke TAL von der Firma »Teleskopji i binokuliarji ies Nowosibirska« erfreut sich seit vielen Jahren wegen seiner hochwertigen Optiken und günstigen Preise unter den Amateurastronomen eines guten Rufs und einer treuen Fangemeinde.

Die Geschichte des Unternehmens begann 1905 mit der Herstellung militärischer Optiken für die zaristische Armee. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurden vor allem optische Geräte für den zivilen Bereich hergestellt und 1980 kam der Produktbereich »Teleskope« hinzu. Obwohl diese Fernrohre auch in Nordamerika vereinzelt unter den Bezeichungen »Sovietski« und »Novosibirsk« angeboten wurden, blieben sie in den USA weitestgehend unbekannt.

CRAIG MICHAEL UTTER

ETHAN KALEMJIAN

Drei Blendenringe im Tubus (linkes Bild) vermindern das Streulicht und tragen damit zu einer kontrastreichen Abbildung bei, wie sie zur Beobachtung schwacher Details bei Planeten wichtig ist.
Der Hauptunterschied zwischen dem 100R und dem 100RS ist der Okularauszug (rechts). Der 100R hat den beschriebenen 1¼-Zoll-Auszug mit nur 30 mm Verstellbereich. Das kommende Modell 100RS ist mit einem normalen 2-Zoll-Auszug versehen, der rund 140 mm Fokussierweg aufweist. Beide Modelle haben den gleichen hochwertigen 6 × 30-Sucher mit einer Schraubfokussierung am Okular.

Als ich vor zwei Jahren von den Vereinigten Staaten ins englische Oxford wechselte, um dort mein Studium fortzusetzen, musste ich meine Teleskope zu Hause zurücklassen. Bereits nach wenigen Monaten begann ich, meine Himmelsbeobachtungen zu vermissen und nach einem preiswerten Teleskop zu suchen, was schließlich zum Erwerb eines vierzölligen TAL-100R-Refraktors führte. Ein halbes Jahr hindurch habe ich bei Testbeobachtungen im Südosten Englands reichlich Erfahrungen mit diesem Teleskop sammeln können.

Das TAL 100R wird in einem Komplettpaket angeboten, das den Refraktor, einen 6×30-Millimeter-Sucher, einen Zenitspiegel, zwei Super-Plössl-Okularen (25 und 6,3 Millimeter), Kameraadapter, Filter sowie eine Deutsche Montierung mit manueller Feinbewegung auf einem verstellbaren Holzstativ umfasst. Das 100R-Modell wird dabei mit einem 1¼-Zoll-Okularauszug (3,2 Zentimeter) ausgeliefert, das neuere 100RS-Modell mit einem Zwei-Zoll-Okularauszug.

Das Objektiv vom Typ Fraunhofer ist ein mehrfach vergüteter Zweilinser aus Kron- und Flint-Glas mit dazwischen liegendem Luftspalt. Das hier gewählte aplanatische Design (mit dem Flintelement als Meniskuslinse) ergibt eine bessere sphärische Korrektur und eine geringere Koma im Vergleich zu Konstruktionen, die eine plankonkave Flintlinse enthalten.

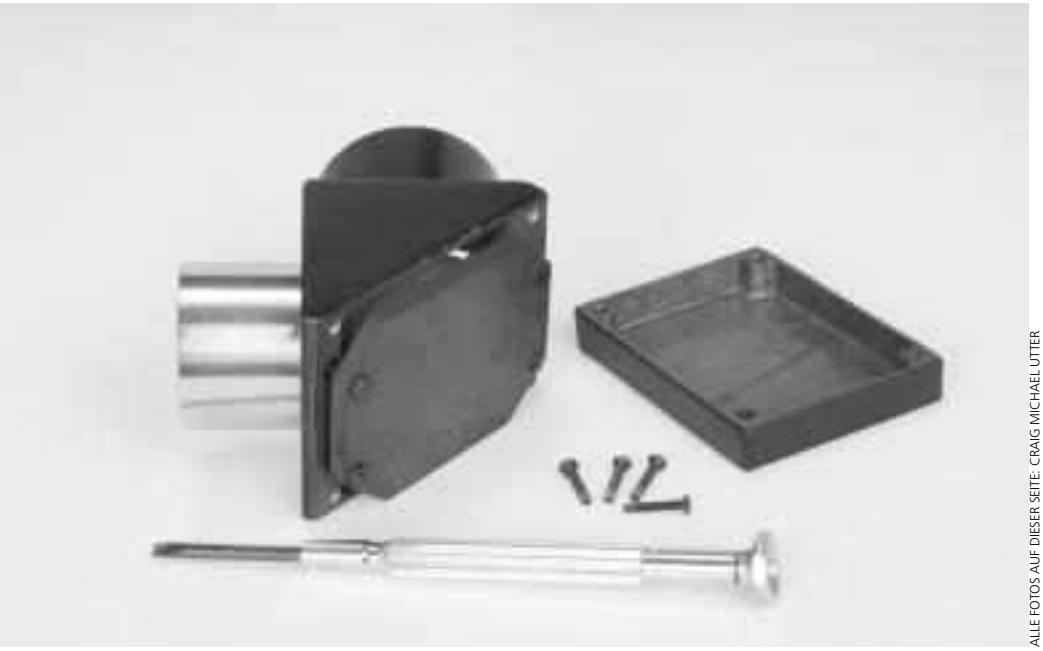
Farbfehler und Korrekturen für Refraktoren

Weißes Licht besteht aus einer Überlagerung der sichtbaren Wellenlängen von Rot bis Blau. Beim Durchgang der Strahlen durch eine Linse oder ein optisches System werden kurzwellige blaue Strahlen stärker gebrochen als mittelwellige gelbe und als langwellige rote. Das führt zur **chromatischen Aberration**, bei der die Farben in verschiedenen Ebenen scharf abgebildet werden. Beim Abbild tritt dadurch ein Farbsaum auf, denn die verschiedenen Wellenlängen weichen sowohl durch ihre Lage auf der optischen Achse als auch durch ihre Abbildungsgröße in der Bildebene voneinander ab. Folglich unterscheidet man bei der chromatischen Aberration zwischen einem Farblängsfehler und einem Farbquerfehler. Die meisten Objektive sind so korrigiert, dass zwei Farben korrekt in der Bildebene fokussiert werden. Ein solches System nennt man **Achromat**.

Der Achromat ist nicht frei von Farbfehlern, weil die dritte Farbe in einer anderen Ebene abgebildet wird. Es verbleibt ein restlicher Farbfehler, der als sekundäres Spektrum bezeichnet wird. Die Achromasie (oder der Achromatismus), also das Freisein von Farbfehlern, ist somit nur für zwei Grundfarben erreicht. Damit eine weit gehende Achromasie erzielt wird, muss das sekundäre Spektrum für eine weitere Wellenlänge korrigiert werden. Die chromatische Aberration beziehungsweise das sekundäre Spektrum nimmt mit der Brennweite zu, sodass die Korrektur vor allem bei Teleobjektiven nur mit einem sehr hohen Aufwand unter Einsatz teurer Spezialgläser zu realisieren ist. Ein solches für drei Farben korrigiertes Objektiv wird als **Apochromat** bezeichnet, abgekürzt **Apo**.

Die Mechanik

Das Teleskop ist bemerkenswert stabil, da die meisten Teile gegossen oder aus maschinell bearbeitetem Aluminium und Stahl hergestellt werden. Außer der Taukappe und den Linsenabdeckungen sind keine Kunststoffteile verbaut, was das Teleskop robust und zuverlässig macht. Seine Einfachheit vermittelt in einer Zeit der wackeligen Plastikkonstruktionen traditionelle Qualitätswerte, auch wenn dies manch einer als spartanisch >



ALLE FOTOS AUF DIESER SEITE: CRAIG MICHAEL UTTER

Das grobe Äußere des Gehäuses lässt die hohe Qualität des darin liegenden Zenitspiegels nicht erahnen (links). Die Spiegelfassung unter der Schutzabdeckung ermöglicht eine exakte Einstellung mit vier gefederten Justierschrauben. Rechts: die Deutsche Montierung.

> empfindet. In der Tat machen es sein schnörkelloser Tubus und fehlende Hightech-Raffinessen wie ein Go-to-Antrieb zu einem Fernrohr, dem die Käufer selbst vor zwanzig oder dreißig Jahren keine besondere Aufmerksamkeit geschenkt hätten.

Der Tubus ist durch seine dicke Aluminiumwandung für den intensiven mobilen Gebrauch wie geschaffen. Innen ist er mattschwarz lackiert und enthält drei Blendenringe, die das Streulicht unterdrücken und damit den Bildkontrast erhöhen (siehe »Teleskoptechnik«, S. 82). Der 1¼-Zoll-Okularauszug mit Zahnstangenantrieb ist von gleicher, massiver Konstruktionsweise. Trotz der straffen Halterung des Auszugs fällt das Scharfstellen jedoch leicht, es gibt weder Wackeln noch Spiel oder Schlupf. Wie es sich für ein Teleskop aus Sibirien gehört, sind die Drehknöpfe des Okularauszugs angenehm groß und für einen Beobachter mit Handschuhen leicht bedienbar.

Das Zenitprisma und der Kameraadapter sind nicht minder robust. Beide Zubehörteile haben eine konische Sicherung, die gewährleistet, dass nichts herunterfällt, wenn man die Befestigungsschraube löst, um etwa das Okular in eine günstige Beobachtungsposition zu drehen. Obwohl das eine lobenswerte Sicherheitseinrichtung darstellt, ist es gleichzeitig ein Nachteil, da nur Zubehör mit eben dieser konischen Formgebung am Okularauszug eingesetzt werden kann. Der Zwei-Zoll-Auszug des neuen 100RS birgt keine derartigen Einschränkungen, da er jedes normale Zwei-Zoll-Zubehör aufnehmen kann. Ein weiterer Kritikpunkt des 1¼-Zoll-Okularauszugs ist sein auf dreißig Millimeter beschränkter Einstellbereich. Während dies bei Benutzung der mitgelieferten Plössl-Okulare, des Zenitprismas und aller weiteren getesteten Okulare ohne Nachteile bleibt, konnte ich doch einige Barlow-Kombinationen und sogar den mitgelieferten Kameraadapter mit einem normalen Gehäuse nicht scharf stellen. Durch die Form des Okularauszugs können Barlowlinsen nur in die normale Steckhülse des Zenitprismas eingesetzt werden. Die meisten modernen kurzen Barlowlinsen arbeiten in dieser Anordnung problemlos.

Das zweilinsige Refraktorobjektiv mit Luftspalt ist mehrfach vergütet, um Lichtausbeute sowie Bildkontrast zu erhöhen und Lichtreflexe auszuschalten.

Wer suchet, der findet

Der in einer justierbaren Sechspunkthalterung befestigte 6×30-Sucher funktioniert sehr gut und bietet eine hochwertige Bildqualität von über acht Grad Durchmesser mit nur geringen Fehlern am Bildrand. Ein wirklich schönes Detail an diesem Sucher ist sein Okular.

Die Deutsche Montierung ist sicherlich einzigartig. Stabil wie ein Panzer gleicht sie vom Prinzip allen erhältlichen handbetriebenen äquatorialen parallaktischen Montierungen. Sie bietet gravierte Teilkreise, eine Polhöheneinstellung sowie eine unbegrenzte Drehbarkeit von Deklinations- und Stundenachse. Allerdings ist die manuelle Feinbewegung in beiden Achsen sehr beschränkt: Sie erlaubt nur einen Verstellbereich von vier Grad zu jeder Seite. Denn anstatt der üblichen Schneckenantriebe haben beide Achsen einen Tangentialarmantrieb, dessen auf einer Feingewindestange befind- >

ANZEIGE

> licher Einstellknopf von einer Feder gegen den Arm gedrückt wird. Das Drehen des Knopfs in eine Richtung erhöht oder vermindert den Druck auf den Arm und führt das Teleskop maximal vier Grad von der Mittelstellung aus in jede Richtung nach. Mit dieser Konstruktion lässt sich eine maximale Nachführzeit von 25 Minuten erreichen, bevor die ganze Anordnung auf eine neue Startposition gesetzt werden muss.

Das höhenverstellbare Dreibein aus Holz ist schlicht, praktisch und attraktiv. Abgesehen von seinem Beitrag zum klassischen Erscheinungsbild zeigt es eine deutlich stärkere Schwingungsdämpfung als die Aluminiumstative, die mit vielen Billigteleskopen verkauft werden.

Die Optik

Grundlegende Sterntests führen bereits zu viel versprechenden Ergebnissen. Bei 200facher Vergrößerung scharf gestellt, zeigen sich helle Sterne als saubere Airyscheibchen mit einem ersten Beugungsring und einem schwachen zweiten Ring. Astigmatismus oder Koma sind nicht erkennbar. Die Abbildungen auf beiden Seiten des Brennpunkts offenbaren eine geringe sphärische Aberration, zeigen aber sonst eine hervorragende und sauber justierte Optik. Das für Achromaten wesentliche Qualitätskriterium der unterdrückten Farbsäume im Okularbild hängt auch von den Luftbedingungen und der Beobachtungszeit ab. Bei ruhiger Luft ist der Farbfehler kaum sichtbar, aber wenn die Luft flimmert, tritt ein Farbsaum am Rand heller Himmelsobjekte auf. So sind helle Objekte wie Wega und Jupiter bei hoher Vergrößerung von einem schwachen, blauvioletten Halo umgeben. Der TAL hat dieses Problem aber bemerkenswert gut im Griff. Seine Bilder sind deutlich besser als eine ganze Reihe anderer Linsenteleskope im gleichen Preissegment: Der Mondrand zeigt selbst bei 158facher Vergrößerung nur einen sehr geringen Farbsaum und bei 200facher Vergrößerung des Saturns muss man sehr genau hinsehen, um den Fehler wahrzunehmen.

Mit seinem ausreichenden Lichtsammelvermögen, der abschattungsfreien Optik und der langen Brennweite ist das Teleskop besonders zur Beobachtung von Mond und Planeten geeignet. Auch wenn die Atmosphäre allzu oft unruhig ist, erhält man mit etwas Geduld immer wieder Augenblicke mit großartigen Abbildungen. In diesen Momenten sind die Planetenbilder herrlich scharf, detailliert und kontrastreich. Dann lässt sich die Vergrößerung sogar über die oft zitierte Grenze vom »doppelten Linsendurchmesser in Millimeter« hinaustreiben. So trotzen Jupiter und Saturn dieser Faustregel und sind auch noch beim Einsatz des 7,5er-TAL-Super-Plössl mit einer Orion-Shorty-Plus-Zweifach-Barlowlinse und damit erzielter 266facher Vergrößerung denkbar scharf. Bei außerordentlich guten Bedingungen sind beim Mond sogar Vergrößerungen jenseits der 285 drin – ein Bravurstück für einen Achromaten! Wegen der nicht allzu großen Öffnung sind Deep-Sky-Beobachtungen mit diesem Teleskop eine Herausforderung, doch auch hier hat man seine Erfolgserlebnisse.

Die mitgelieferten Super-Plössl-Okulare passen sehr gut zum Teleskop. Das 25-Millimeter-Okular (40fach) weist eine Spur von Astigmatismus auf, die aber

Einer der Vorzüge des Pakets

liegt in der Robustheit der handbetriebenen Deutschen Montierung. Leider war das Gerät dennoch wackelig, was aber durch Verkeilen von drei Schraubendrehern zwischen den Gussteilen am oberen Ende des Dreibeins und der Aufnahme des Montierungskopfs beseitigt wird.

CRAIG MICHAEL UTTER

Russischer Refraktor TAL 100R

Achromatischer Vier-Zoll-f/10-Refraktor mit zwei Super-Plössl-Okularen, Zenitspiegel, 6×30-Sucher, Deutscher Montierung und Holzstativ.

Verkaufspreis: 539,– €, nur Tubus mit Optik: 499,– €, Modell TAL 100-RM mit Motornachführung: 709,– €

Bezugsquelle in Deutschland:
Astronomieservice Copernicus
J. Mascher
Parkstrasse 2
D-99438 Bad Berka
www.tal-teleskope.de
sowie andere Händler mit TAL-Teleskopen im Sortiment

durch die geringe Vergrößerung kaum in Erscheinung tritt. Die Bildschärfe ist äußerst zufrieden stellend. Das 6,3-Millimeter-Okular (158fach) zeigt diesen Fehler nicht und liefert gute Bilder von Mond, Planeten und Doppelsternen.

Nur einige Lichtreflexe im hochvergrößernden Okular minderten besonders bei der Planetenbeobachtung etwas die Detailschärfe und den Kontrast. Für gelegentliche Himmelsbeobachtungen ist dieser Okularsatz sicherlich ausreichend. Durch den Einsatz höherwertiger Okulare lässt sich die Leistungsfähigkeit des Teleskops aber erst richtig ausreizen.

So bemerkenswert die Optik dieses Linsenfernrohrs auch ist, ein wesentlicher Schwachpunkt beeinträchtigt die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems: Die Stabilität der Montierung auf dem Stativ lässt trotz der schweren und qualitativ guten Materialien zu wünschen übrig. Bei jedem Windstoß oder bei jeder Teleskopberührung, sogar bei einfachem Scharfstellen wackelt das Bild im Okular beträchtlich. Dies ist gerade bei der Nachführung von Mond und Planeten bei hoher Vergrößerung sehr frustrierend. Äußerst bedauerlich – denn genau hier hat die Optik ihre Stärke. Hier ist der handwerkliche Einfallsreichtum der Beobachter gefragt, um eine dauerhafte Verbesserung zu erzielen (siehe Abbildung auf gegenüberliegender Seite).

Das TAL beweist, dass es nicht immer ein Apochromat sein muss, wenn es darum geht, tolle Abbildungen zu erhalten. Für den Amateur, der einen kleinen bis mittleren Refraktor sucht und dabei nicht das Geld für einen edlen Apochromaten ausgeben möchte, ist der TAL ernsthaft in Betracht zu ziehen. Selbst im Vergleich mit teureren Vier-Zoll-f/10-Achromaten bietet er exzellente Bilder. Und einen Teil des beim Kauf eingesparten Gelds kann man dann ja vielleicht in eine aufwändigere Montierung investieren. <<

TAL 100R

Was uns gut gefiel:

> Exzellente optische Qualität
> Stabile Metallkonstruktion
> Hochwertiger 6 × 30-Sucher

Was uns missfiel:

> Mangelnde Stabilität der Montierung beeinträchtigt hoch vergrößerte Beobachtungen
> 1¼-Zoll-Okular hat einen zu kleinen Verstellweg und akzeptiert nur Spezialzubehör

Ethan Kalemjian interessiert sich seit seinem 14. Lebensjahr für die Beobachtung von Mond und Planeten. Vor kurzem hat er sein Geschichtsstudium in England mit einem »Master« abgeschlossen.

ANZEIGE

GLANZLICHTER

Ob mit Kleinbild- oder Spiegelreflexkamera, Digi- oder Webcam: Jeder kann tolle Astrobilder aufnehmen. Schicken Sie uns Ihre schönsten Motive. Eine Auswahl der besten werden wir unseren Lesern hier präsentieren.

M 52, der Bubble-Nebel NGC 7635 und NGC 7538

Von Berlin-Heiligensee aus wurde dieses Foto mit einem Skywatcher-f/5-Newton mit 200 mm Öffnung in einer 15-minütigen Belichtung auf einem Elite Chrome 200 aufgenommen.

>> Mark Achterberg

Mondaufgang bei Bremen

Am 17. Februar entstand dieses Bild auf einem 1600 Asa. Der Mond ist herangeholt von einem 500-mm-Teleobjektiv bei Blende 5,6.

>> Torsten Damme

Trifidnebel M 20

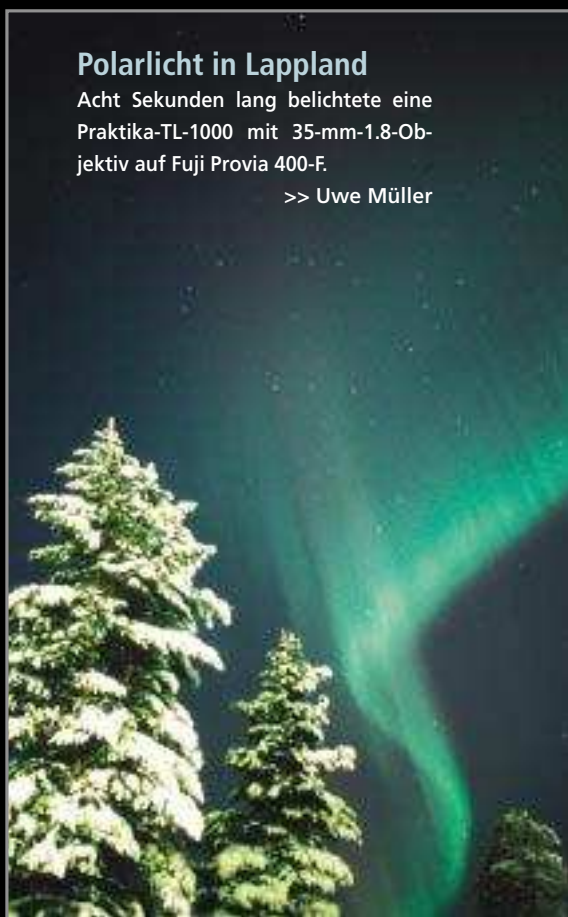
Der berühmte Emissions- und Reflexionsnebel zeigt sich hier in einer Aufnahme eines 400-mm-f/11-Hypergraphen.

>> Philipp Keller

Polarlicht in Lappland

Acht Sekunden lang belichtete eine Praktika-TL-1000 mit 35-mm-1.8-Objektiv auf Fuji Provia 400-F.

>> Uwe Müller



C/1995 O1 (Hale-Bopp)

Dieses Bild bannte eine Kleinbildkamera mit 135-mm-Teleobjektiv im April 1998 auf einen Ektar 1000.

>> Werner Baumann

Der Schleiernebel NGC 6960 / 6992

Zwei Aufnahmen des Supernova-Überrests mit einem 4-Zoll-f/6,2-TMB-Refraktor wurden in Photoshop kombiniert und nachbearbeitet.

>> Johannes Schedler

Wildentenhaufen M 11

Einer der reichsten Kugelsternhaufen der Milchstraße wurde mit einem 10-Zoll-f/6-Newton auf Ektar 1000 eingefangen.

>> Werner Baumann

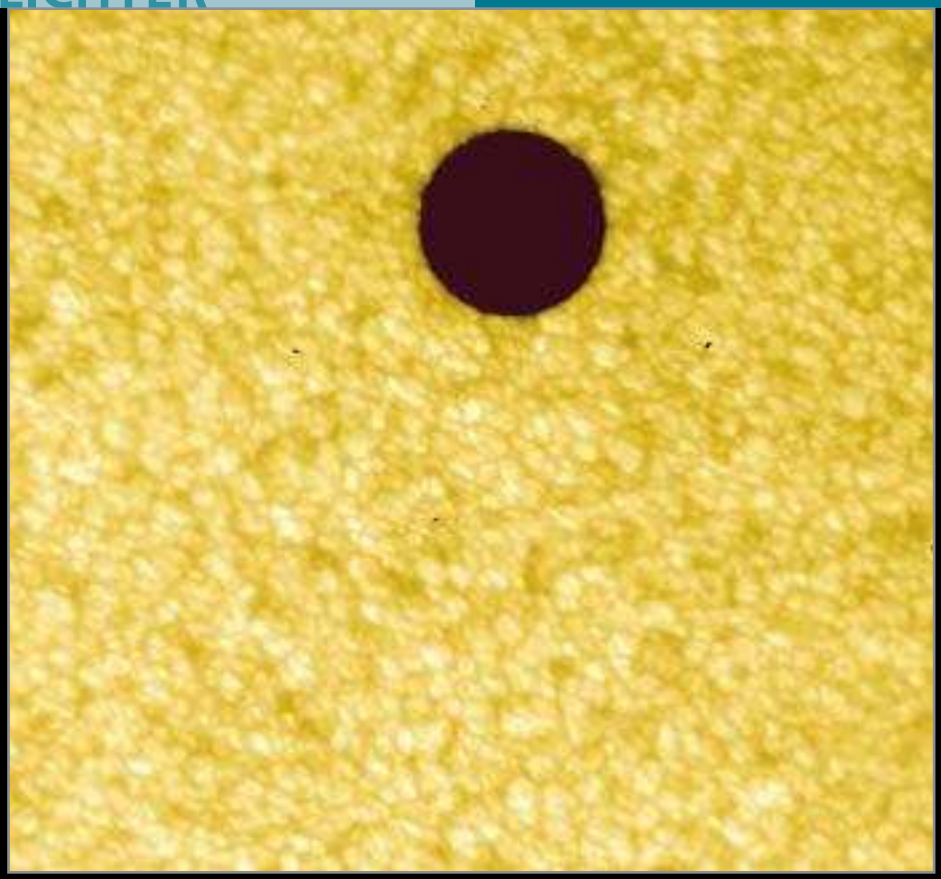
»Whirlpool« M 51
Vier viertelstündige Belichtungen durch ein 180-mm-f/10-Zeiss-Meniscas mit einer ST7-CCD-Kamera ergaben dieses Komposit.
>> Martin Fiedler, Thomas Böhme

Finsternis in der Dämmerung
Am 16. Mai hielt eine Nikon D100 fokal an einem 102-mm-f/10-Skywatcher-Refraktor das Naturschauspiel um 4.23 (oben) und 5.02 Uhr MESZ (links) fest.
>> Günter Ullmann

Dritter Kontakt

Ein Mini-DV-Camcorder filmte am 7. Mai 2003 um 12.30 MESZ das Ende des Merkurtransits. Das Bild wurde durch einen 10-Zoll-Newton 1000-fach vergrößert.

>> Martin Wagner



Merkur in Transit

Oben: Auf Teneriffa enthüllte das 74-m-Vakuum-Turm-Teleskop des Kiepenheuer-Instituts für Sonnenphysik Merkurs Silhouette und die Granulation der Sonnenoberfläche.

>> Dirk Soltau, Thomas Berkefeld

Mitte: Ein 7-Zoll-f/9-Starfire-Apo sah den Planeten und einen kleineren Sonnenfleck um 8.31 MESZ.

>> Wolfgang R. Werda

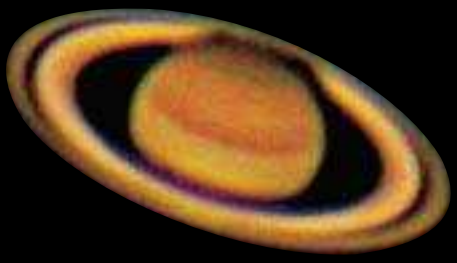
Unten: Die Mitte des Transits wurde um 10 Uhr mit einer Nikon D100 fokal an einem 4-Zoll-Skywatcher festgehalten.

>> Günter Ullmann

Aurora von Wega bis Arktur

Im September 1999 zeigte sich dieses Polarlicht vom norwegischen Andøya aus in einer 20-s-Belichtung mit einer Nikon F3, Sigma-2.8/15-Objektiv und Fuji MS 100/1000.

>> Wolfgang Thomas



Herr der Ringe

Um Mitternacht des 11. Januar 2003 enstand dieses Komposit aus 16 viertelsekündigen Einzelaufnahmen einer Nikon Coolpix 885 an einem 10-Zoll-f/10-SC. Sie wurden mit Astrostack 2.1 gemittelt und geschärft (»unscharfe Maskierung«) und mit Photoshop 5.5 bearbeitet.

>> Jens Müller

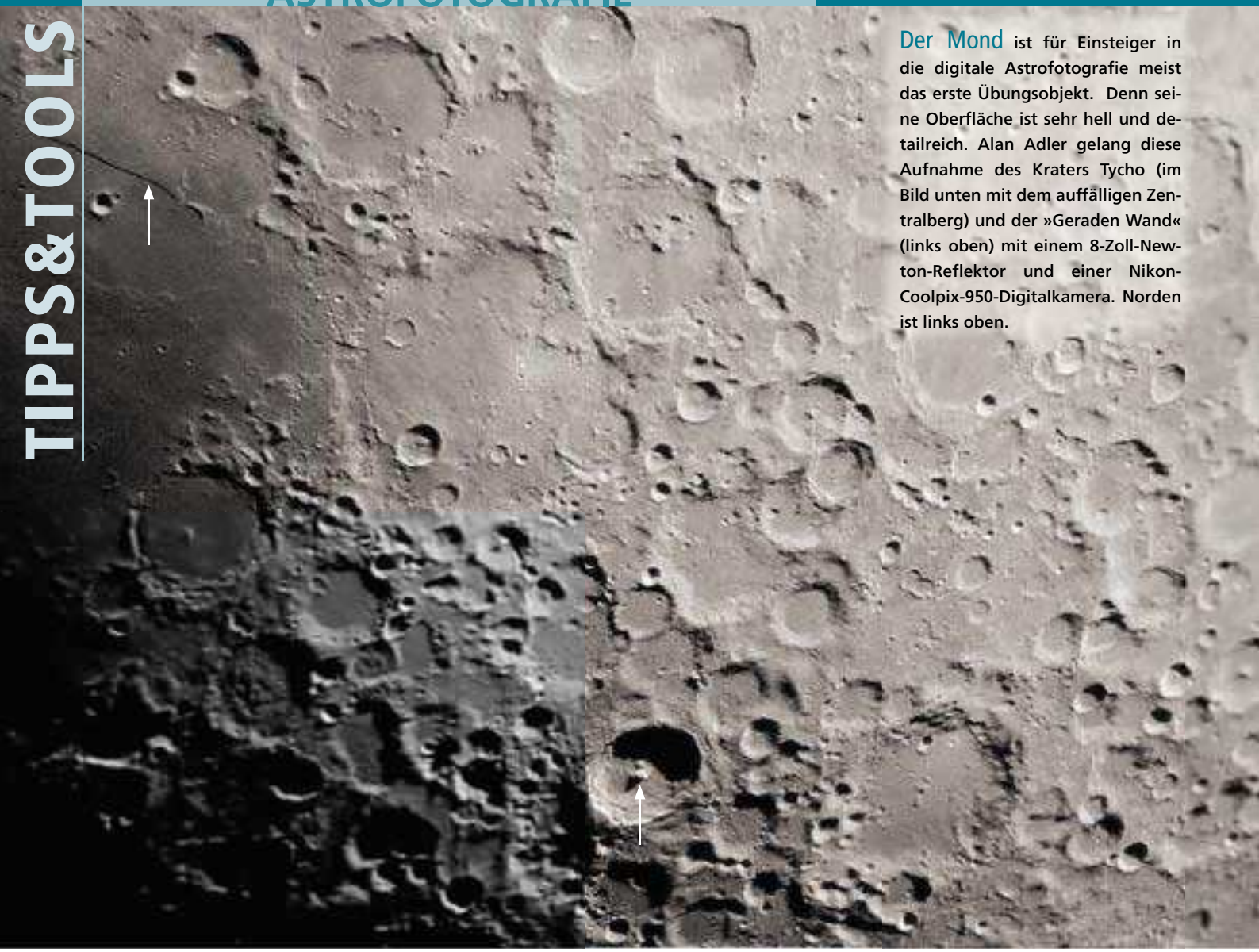
Himmel über Berlin

Abenddämmerung des 17. April: Die 1,3-s-Weitwinkelaufnahme einer Olympus Camedia C-2040-Z sah Merkur am oberen und Saturn am linken Bildrand, beide etwa 0. Größe.

>> Klaus-Peter Janovics

Machen Sie mit: Schicken Sie uns Ihre »Glanzlichter«. Aus allen Einsendungen wählen wir die schönsten aus und veröffentlichen sie auf diesen Seiten.

Adresse:
Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH
Redaktion ASTRONOMIE HEUTE • Postfach 10 48 40 • 69038 Heidelberg
E-Mail: ah@spektrum.com (Bitte hochaufgelöste und ungezippte JPEG-Bilder zusenden!)



Der Mond ist für Einsteiger in die digitale Astrofotografie meist das erste Übungsobjekt. Denn seine Oberfläche ist sehr hell und detailreich. Alan Adler gelang diese Aufnahme des Kraters Tycho (im Bild unten mit dem auffälligen Zentralberg) und der »Geraden Wand« (links oben) mit einem 8-Zoll-Newton-Reflektor und einer Nikon-Coolpix-950-Digitalkamera. Norden ist links oben.

ALAN ADLER

Astroaufnahmen mit Digitalkameras

Handelsübliche Digitalkameras eignen sich wunderbar zum Einstieg in die Astrofotografie. Mit ihnen kann man nicht nur den Mond und die Planeten ablichten – mit den richtigen Tricks gelingen sogar Deep-Sky-Aufnahmen.

>> Edwin L. Aguirre

EDWIN L. AGUIRRE

Kaum ein Bereich der Unterhaltungselektronik entwickelt sich zur Zeit rasanter als der Markt der digitalen Kameras. Sogar hochauflösende Fotoapparate werden immer billiger, weil ständig neue Modelle in die Läden kommen. Sowohl bei Gelegenheitsknipsern, fortgeschrittenen Amateurfotografen als auch bei Profis gewinnen Digitalkameras immer mehr Anhänger. Doch wie gut eignen sie sich für astronomische Aufnahmen?

Noch sind konventionelle Kameras und Filme den Digicams in puncto Auflösung und Farbtreue überlegen. Denn abgesehen von speziellen Astrokameras, in denen die CCD-Chips extra gekühlt werden, erzeugt die Elektronik handelsüblicher Digitalkameras bei längeren Belichtungszeiten ein störendes Bildrauschen.

Sparen bei Film und Entwicklung

Wo liegen also die Vorteile beim Umstieg auf Digitalkameras? Zum einen können Sie sich das Ergebnis sofort anschauen, ohne tagelang auf die Bilder warten zu müssen. Sie behalten dann nur die Aufnahmen, die Ihnen zusagen, und können den Rest gleich wieder löschen: Das spart Kosten für Film und Entwicklung! Bei ausreichend großer Speicherkapazität passen auf eine Digicam in der Regel auch mehr Bilder als auf eine Filmrolle. Einmal im digitalen Format gespeichert, kann man die Bilder am Computer gleich weiterverarbeiten und mit Programmen wie Adobe Photoshop die Bildqualität verbessern sowie einzelne Aufnahmen miteinander kombinieren. Digitale Bilder sind zudem im Internet sofort einsetzbar: Man kann sie per E-Mail verschicken oder direkt ins Web stellen. Außerdem brauchen sie viel weniger Platz als Fotoalben oder Schuhkartons und lassen sich auch leichter archivieren.

Planeten sind dankbare Motive für Digitalkameras. Dem Autor gelang diese Phasenaufnahme der Venus am 21. März 2001 mit einem 8-Zoll-f/10-Schmidt-Cassegrain-Teleskop. Zum Einsatz kamen außerdem ein 12-mm-Okular und eine Nikon Coolpix 990.

Da die meisten Digitalkameras keine auswechselbaren Objektive besitzen, ist die »afokale Methode« (siehe auch www.astronomie-heute.de unter »Basiswissen«) die einzige Möglichkeit, mit ihnen Aufnahmen am Teleskop zu machen: Man fotografiert direkt durchs Okular des Fernrohrs. Die Kamera hält man dabei entweder von Hand hinter das Okular oder benutzt ein separates Fotostativ beziehungsweise einen Adapter, mit dem die Kamera direkt am Teleskop befestigt wird. Wie bei der Okularprojektion (siehe Glossar Seite 78) wird auch bei der afokalen Methode das Bild sehr stark vergrößert, was jedoch auf Kosten des effektiven Öffnungsverhältnisses (siehe Glossar) und damit der Belichtungszeit geht. Hierbei kann es zu einer so genannten Vignettierung oder auch zur Verzerrung des Bildes kommen. Unter Vignettierung versteht man eine Abschattung des Bildfeldes in den Ecken. Sie tritt dann auf, wenn das Gesichtsfeld des Kameraobjektivs größer ist als das Gesichtsfeld des Okulars. Fotografiert man Planeten oder kleine Himmelsobjekte, ist das kein Problem. Um diesen Effekt zu vermeiden, sollte man die Kamera immer so nah wie möglich ans Okular halten und dort genau zentrieren. Am besten eignen sich dazu Okulare mit großem Augenabstand, bei >

Wiphu Rujoparkan vom Kirdako Observatorium in Kanchanaburi (Thailand) nahm am 25. März 2001 diese schon mit bloßem Auge sichtbare Sonnenfleckengruppe auf. Er benutzte einen Tele-Vue-Pronto-Refraktor, einen Sonnenfilter, ein 32-mm-Okular sowie eine Canon-IXUS-Kamera.

Den Gasriesen Jupiter und seine Monde Io (links) und Europa (rechts) hat Lester Dobos aus New Jersey hier mit seinem 16-Zoll-Dobson-Teleskop und einer Olympus-C-2020-Digitalkamera aufs Korn genommen. Auf dem Bild sind sogar der große rote Fleck sowie der Schattenwurf des Jupitermonds Europa zu sehen.

LESTER DOBOS

Saturn, den Herrn der Ringe, erwischte Canon Lau aus Hongkong am 24. September 2000 mit seiner Nikon Coolpix und einem 14-Zoll-Schmidt-Cassegrain-Teleskop. Sein Kollege Eric Ng addierte mit Photoshop neun Aufnahmen und benutzte eine Maske sowie einen Gauß-Filter, um das Bild zu verbessern.

CANON LAU / ERIC WAI-KIN NG

debene der Kamera senkrecht dazu steht. Okular und Kameraobjektiv müssen natürlich auch frei von Schmutz und Staub sein, da diese den Kontrast und die Bildqualität stark beeinträchtigen können. Um Schwingungen am Teleskop zu vermeiden, kann man die Kamera auch auf einem eigenen Stativ hinter dem Okular aufstellen. Damit erspart man sich das Ausbalancieren des Teleskops. Streulicht, das den Kontrast der Aufnahme herabsetzt, lässt sich sehr einfach mit einem Stück schwarzen Velourspapier oder Pappe abschirmen (siehe »Blenden gegen das Streulicht«, S. 82).

Gute Bilder auch ohne Nachführung

Ein Nachführmotor ist bei der Digitalfotografie nicht unbedingt notwendig, hilft aber, das Aufnahmeobjekt beim Fokussieren und bei der Wahl des Bildausschnitts stets in der Mitte zu halten. Bei kurzen Belichtungszeiten können Sie jedoch auch ohne Nachführung gute Bilder schießen: Positionieren Sie das Aufnahmeobjekt einfach am Rand des Bildes und drücken Sie den Auslöser erst dann, wenn es in die Bildmitte gewandert ist.

Wie bei der konventionellen Fotografie kommt es auch bei der Digitalfotogra-

GLOSSAR

Okularprojektion: Die Okularprojektion ist eine beliebte Methode zur Brennweitenverlängerung und zum Erreichen hoher Vergrößerungen. Das Okular sitzt dabei hinter dem Brennpunkt des Teleskops und projiziert das Bild kopfüber auf die dahinter liegende Bildebene.

Öffnungsverhältnis: Das Verhältnis von Objektivdurchmesser (Eintrittspupille) zu Brennweite eines Fernrohrs.

Austrittspupille: Die Begrenzung des austretenden Strahls bei einem Fernrohr oder Feldstecher nennt man Austrittspupille. Sie ist das helle, kleine Kreisscheibchen, das man sieht, wenn man aus einem Abstand von zirka dreißig Zentimetern gegen das Okular eines Fernrohrs blickt, das auf eine helle Fläche gerichtet ist.

Heiße Pixel: Das sind Bildpunkte eines Chips, die schon bei schwachem Lichteinfall in die Sättigung gehen. Im Gegensatz zu toten Pixeln lassen sie sich nicht von vornherein kompensieren. Das geschieht erst nachträglich beim Speichern auf dem Computer oder bei der Bildbearbeitung.

> denen die Austrittspupille (siehe Glossar) möglichst weit hinter dem Okular liegt. Bei einigen Okularen mit kurzer Brennweite ist der Augenabstand so gering, dass man mit der Kamera nicht nah genug an sie herankommt. Mit ein wenig Herumprobieren findet man jedoch sehr schnell die optimale Position.

Da der Blickwinkel der Kamera beim Heranzoomen immer kleiner wird, kann man die Vignettierung auf diese Weise verringern oder sogar ganz vermeiden. Die höhere Vergrößerung beim Zoomen erleichtert auch das Fokussieren. Man sollte hier allerdings den optischen und nicht den digitalen Zoom benutzen, da Letzterer nur den entsprechenden Bildausschnitt vergrößert, ohne die Auflösung der Kamera zu verbessern.

Durch die Kombination von Okular und Kameraoptik kann es zu Verzerrungen des Bildes kommen. Meist ist dann die Mitte der Aufnahme scharf, der Rand jedoch nicht, was das nutzbare Gesichtfeld stark einschränkt. Man sollte deshalb darauf achten, dass die optischen Achsen von Teleskop und Kameraobjektiv in etwa übereinstimmen und die Bil-

ALAN ADLER

CRAIG MICHAEL UTTER

Für Digitalkameras mit Filtergewinde **(hier die Nikon Coolpix 990) gibt es verschiedene Adapter, mit denen man die Kamera am Okular befestigen kann. Links: Dieser Adapter von ScopeTronix verbindet das 28-mm-Filtergewinde der Nikon Coolpix 990 mit verschiedenen 1¼-Zoll-Okularen. Rechts: CKC-Powers-Adapter verbindet das Objektiv der Nikon Coolpix mit dem in der Kleinbildfotografie gebräuchlichen T2-Gewinde und lässt sich so auf Orions universellen Kameraadapter aufschrauben.**

fie auf perfektes Scharfstellen an, denn jede Unschärfe ist später auf dem Bild zu sehen! Schauen Sie zuerst immer ohne Kamera durch das Teleskop und stellen Sie das Bild am Okularauszug scharf. Wenn Sie Brillen- oder Kontaktlinsenträger sind, so sollten Sie diese Sehhilfen beim Fokussieren auf jeden Fall benutzen, um keine unscharfen Bilder zu bekommen. Die Kameralinse stellen Sie – sofern möglich – von Hand auf Unendlich ein. Falls das nicht geht, so benutzen Sie den Autofokus Ihrer Kamera. Das Zentrieren und Scharfstellen des Aufnahmeobjekts geht bei den meist verbreiteten LCD-Monitoren recht einfach von der Hand. Leider ist er bei vielen Modellen zu klein und zu grobkörnig, um die Schärfe der Bilder richtig beurteilen zu können. Falls ihre Kamera über einen Videoausgang verfügt, können Sie dort einen größeren Monitor – zum Beispiel einen tragbaren Fernseher – anschließen, der Ihnen das Scharfstellen erleichtert. Bei ständig wechselnder Luftunruhe (»Seeing«) hilft ein Monitor bei der Bestimmung des besten Aufnahmezeitpunkts.

Wenn Sie die Sonne durch ein Teleskop aufnehmen wollen, benötigen Sie einen geeigneten Sonnenfilter. Auch sollten Sie nicht vergessen, den Sucher der Kamera abzudecken. Das Fokussieren mit Hilfe eines LCD-Schirms ist bei hellem Sonnenlicht nicht gerade einfach. Hier empfiehlt sich ein Abschatten der Kamera oder der Anschluss eines externen Monitors. Manche Beobachter befestigen eine Lupe mit Gummis oder Klettbändern am LCD-Schirm der Digicam, um auch bei hellem Sonnenlicht besser scharf stellen zu können.

Die Aufnahme

Obwohl es bei Digicams im Gegensatz zu Spiegelreflexkameras keine Erschütterungen durch das Zurückklappen des Spiegels gibt, kann die Aufnahme durch Drücken des Auslösers verwackelt werden. Um dies zu vermeiden, sollte man den Selbstauslöser beziehungsweise die bei manchen Digitalkameras vorhandene Fernsteuerung benutzen oder nur sehr vorsichtig von Hand auslösen.

Viele Digitalkameras besitzen keine manuellen Einstellmöglichkeiten für Blende oder Belichtungszeit, sondern lediglich eine Automatik. Bei großen, gleichmäßig ausgeleuchteten Objekten wie Nahaufnahmen vom Mond funktioniert diese recht gut. Aufnahmen der dünnen Mondsichel oder der Planeten überfordern jedoch die Belichtungsautomatik der meisten Digicams. Dann ist es gut, wenn die Kamera zumindest über eine manuelle Belichtungskorrektur – üblicherweise zwei Blendenstufen – verfügt. Besonders bei der Aufnahme von >

Der 110 km große Krater Gassendi **am Nordrand des Mare Humorum. Das Bild stammt von Alan Adler und wurde mit derselben Methode aufgenommen wie die Tycho-Aufnahme von Seite 76. Gassendis Zentralberge und die Lavarücken im Mare Humorum sind gut zu erkennen.**

CRAIG MICHAEL UTTER

Sie können die Digitalkamera auch freihändig **hinter das Okular halten. Besitzt diese ein Stativgewinde, ist es besser, sie auf ein eigenes Stativ zu schrauben oder aber mit einem Adapter am Teleskop zu befestigen.**

> Planeten sollte man ruhig ein wenig experimentieren und eine oder zwei Blendenstufen heller oder dunkler belichten, um die beste Einstellung zu finden. Für Aufnahmen von Jupiter oder Saturn in einem Schmidt-Cassegrain-Teleskop sind Belichtungszeiten von einer viertel oder einer halben Sekunde ein guter Anfangswert. Auf jeden Fall sollte die Belichtungszeit so kurz wie möglich sein, um ein Verschmieren des Bildes durch atmosphärische Turbulenzen zu vermeiden.

Scharfe Schwarz-Weiß-Bilder

Die Anzahl der Aufnahmen ist natürlich durch den Speicher begrenzt, der sich entweder in der Kamera selbst oder auf einem herausnehmbaren Chip befindet. Sichern Sie Ihre Aufnahmen stets in der bestmöglichen Bildqualität, also mit maximaler Kameraauflösung und geringster Komprimierung. Die meisten Geräte benutzen hierzu den so genannten JPEG-Algorithmus, um die Dateigröße zu verringern und so mehr Bilder abspeichern zu können. Doch je stärker Sie ein Bild komprimieren, desto schlechter wird es. Falls Ihre Kamera über einen Schwarz-Weiß-Modus verfügt, sollten Sie es einmal damit probieren. Möglicherweise sind Ihre Schwarz-Weiß-Bilder schärfer als die Farbbilder.

Digitalkameras verbrauchen sehr viel Strom – insbesondere dann, wenn der LCD-Monitor ständig angeschaltet bleibt. Wenn Ihre Kamera am Stromnetz hängt, ist das kein Problem. Im Batteriebetrieb halten manche Kameras jedoch nur eine halbe Stunde durch. In kalten Nächten verlieren sie noch schneller an Leistung. Da Alkali- oder Lithiumbatterien recht teuer sind, sollten Sie wieder aufladbare Nickel-Cadmium-Zellen (NiCd) oder die etwas teureren, dafür aber leistungsstärkeren Nickel-Metallhydrid-Akkus (NiMH) oder gar Lithium-Ionen-Akkus (Li-Ion) verwenden. Für lange Beobachtungsnächte ist man mit ein oder zwei Sätzen frisch geladener Ersatzakkus auf der sicheren Seite. Macht sich nach einer langen Beobachtungsnacht Tau bemerkbar, so sollten Sie die Kamera zum Schutz der empfindlichen Elektronik bei Nichtgebrauch abdecken oder aber einfach angeschaltet lassen, damit sie wenigstens warm bleibt.

Für Weitwinkelaufnahmen von Sternbildern, Planetenkonjunktionen oder der Milchstraße braucht man noch nicht einmal ein Teleskop: Eine Kamera, die Langzeitbelichtungen von acht bis fünfzehn Sekunden oder länger zulässt, ist hier vollkommen ausreichend. Da sich alle Bedienelemente an der Kamera selbst befinden, braucht man auch keinen Laptop mit nach draußen nehmen. Nach der Beobachtung bearbeitet und archiviert man die Aufnahmen einfach auf dem Heimcomputer.

Lichtschwache Objekte wie Galaxien und Nebel erfordern natürlich eine etwas längere Belichtungszeit als lichtstarke Objekte wie Sonne oder Mond. Bei Belichtungszeiten von mehreren Sekunden liefern sowohl konventionelle Filme als auch astronomische Digitalkameras mit Kühlung sehr gute Ergebnisse. Mit einer handelsüblichen Digicam, deren Aufnahmechip bei Umgebungstemperatur arbeitet, kann man dagegen nur wenige Sekunden belichten, bevor das Rauschen der Elektronik die Aufnahme stört. Um das zu verhindern und das Optimum aus den Aufnahmen herauszuholen, ist es ganz wichtig, die Kamera so gut wie möglich zu kühlen. Damit wird die Empfindlichkeit des Chips erhöht, was besonders Bildern lichtschwacher Objekte zu Gute kommt.

Heiße Pixel

In der kalten Jahreszeit wird die Kamera auf natürliche Art und Weise gekühlt. Doch während lauer Sommernächte zeigen sich auf den Aufnahmen zunehmend heiße Pixel (siehe Glossar Seite 78) und Rauschen. Bei langen Belichtungszeiten wird so eine Nachbearbeitung am Computer unumgänglich. Es gibt jedoch einen einfachen Trick, mit dem man dieses Problem umgehen kann: Schalten Sie die Kamera zwischen den Belichtungen aus, damit sie sich etwas abkühlen kann.

Bei Aufnahmen lichtschwacher Objekte wie Nebeln und Galaxien stellt man den Fokus der Kamera zunächst auf unendlich und wählt die maximale Zoombrennweite. Dann schwenkt man das Teleskop am besten auf einen nahe gelegenen hellen Stern und stellt diesen durch das Okular scharf. Wenn möglich, sollte man die Empfindlichkeit der Kamera auf 800 Iso stellen, denn bei höherer Empfindlichkeit lassen sich auch lichtschwächere Sterne scharf stellen. Hat die Kamera einen Videoausgang, so empfiehlt es sich, einen externen Monitor zum Fokussieren anzuschließen. Nach dem Scharfstellen setzt man die Empfindlichkeit und den Zoom auf die gewünschten Werte zurück

BEIDE FOTOS: GARY HONIS

Da handelsübliche Digicams meist keine auswechselbaren Objektive besitzen, bleibt nichts anderes übrig, als direkt durch das Okular des Teleskops hindurch zu fotografieren. Das Bild unten zeigt eine Olympus-C-2000-Z an einem 20-Zoll-Dobson-Teleskop. Mit Klettband ist ein kleiner Computerlüfter an der Kamera befestigt (links), der über ein Loch im Kameraboden kalte Luft in ihr Inneres bläst und so die Elektronik kühlt.

Diese beeindruckende Aufnahme des Orionnebels (M 42) gelang mit einer luftgekühlten Olympus-C-2000-Z-Kamera und einem 20-Zoll-Dobson-Teleskop.

GARY HONIS

ARPAD KOVACSY

Der Ringnebel (M 57) in der Leier wurde von Arpad Kovacsy mit einem 6-Zoll-Astro-Physics-Refraktor und einer Nikon Coolpix 995 aufgenommen. Man kann den Zentralstern 15. Größe erkennen. Neun Aufnahmen mit je 60 Sekunden Belichtungszeit wurden zu diesem Komposit zusammengesetzt.

JOHANNES SCHEDLER

Die Whirlpool-Galaxie (M 51) im Sternbild Jagdhunde, aufgenommen von Johannes Schedler aus Wildon, Österreich. Er benutzte ein Celestron-C11 und eine Nikon Coolpix 995. Das Bild besteht aus zwölf 60-Sekunden-Aufnahmen, die mit Photoshop kombiniert wurden.

und schwenkt das Teleskop wieder auf das Zielobjekt.

Die meisten Nachführungen von Fernrohren kurzer Brennweite sind für Belichtungen bis zu einer Minute ohne manuelle Korrektur geeignet. Um Batteriestrom zu sparen und eine zusätzliche Erwärmung der Kamera zu vermeiden, sollte man den LCD-Bildschirm der Kamera nur zum Fokussieren und zur Wahl des Bildausschnitts benutzen.

Heiße Pixel und andere Artefakte lassen sich jedoch sehr gut durch das Abziehen von Dunkelbildern entfernen. Dabei wird die Aufnahme mit gleicher Belichtungszeit jedoch mit lichtdichtem Deckel wiederholt und anschließend digital vom eigentlichen Bild subtrahiert.

Kameras wie die Nikon Coolpix 995 und die Canon Powershot G2 besitzen eine nützliche Funktion, bei der nach jeder Aufnahme automatisch ein Dunkelbild gemacht und von der Aufnahme abgezogen wird, um das Bildrauschen zu verringern. Manche Astrofotografen nutzen diese Funktion ausgiebig, andere schalten sie aus und machen ein separates Dunkelbild, um es dann mit Programmen wie BlackFrame NR abzuziehen.

Auf Grund des Bildrauschens und der kurzen Belichtungszeiten lassen sich mit den heute handelsüblichen Digitalkameras nur die hellsten Deep-Sky-Objekte aufnehmen. Doch die Entwicklung schreitet in rasantem Tempo voran: Auch wenn sie es qualitativ noch nicht mit speziell für die Astronomie konzipierten Kameras aufnehmen können, so ermöglichen Digitalkameras dem Amateur heute zumindest einen sehr komfortablen Einstieg in die Welt der digitalen Astrofotografie. <<

Edwin L. Aguirre ist Redakteur bei Sky & Telescope und dort verantwortlich für die Ressorts Astro Imaging und Amateur Astronomy. Er wechselte zur Digitalfotografie, nachdem er mehr als zehn Jahre seine Fotos in der Dunkelkammer entwickelt hatte.

Blenden gegen das Streulicht

Streulicht reduziert den Kontrast im Teleskop. Jeder Sternenbeobachter profitiert also davon, wenn man es eliminiert. ASTRONOMIE HEUTE gibt Ihnen hier fünf Tipps zum Bau von Blenden.

>> Gary Seronik

Das klassische Newton-Spiegelteleskop mag zurzeit vielleicht etwas weniger in Mode sein als alle automatisierten »Wunderteleskope«. Dennoch ist dieser Fernrohrtyp nach wie vor für viele Amateurastronomen ein zuverlässiges Arbeitstier. Einer der Gründe für seine große Beliebtheit ist sein unschlagbares Preis-Leistungs-Verhältnis, das es quasi unmöglich macht, ein Fernrohr mit vergleichbarer Öffnung noch günstiger anzubieten.

Da Newtonspiegel jedoch oft als Einsteiger- und Billigteleskope gelten, werden ihre Möglichkeiten oft unterschätzt. Ihr relativ einfacher optischer Aufbau hat zur Folge, dass sie nicht nur sehr billig hergestellt werden können, sondern dass Verbesserungen ihrer Konstruktion auch leicht durchzuführen sind. Mit dem Einbau von Blenden lässt sich die optische Qualität dieser Instrumente preisgünstig und schnell steigern.

ALLE FOTOS: CRAIG MICHAEL UTTER

Blenden liefern kontrastreiche Bilder da, wo es darauf ankommt: am Okular. Mit einem Lineal bestimmen Sie ganz einfach die notwendige Tubusverlängerung.

Entwurf und Montage geeigneter Blenden sind dabei gar nicht so schwierig. Zwar ist den meisten Amateurastronomen durchaus klar, dass das Minimieren von Streulicht für eine erfolgreiche Beobachtung sehr wichtig ist, doch wissen nur wenige, wie sie dieses Ziel erreichen können. Einige unternehmen gar nichts, während andere zu viel des Guten tun und mit komplizierten Konstruktionen nur minimale Ergebnisse erzielen. Das eigentliche Ziel ist klar: Mit dem Einbau von Blenden stellt man sicher, dass nur jenes Licht das Okular erreicht, das via Fangspiegel vom Hauptspiegel kommt.

1. Tipp: Das vordere Tubusende

Einer der größten Anteile unerwünschten Streulichts rührt daher, dass der Fernrohrtubus nicht weit genug über den Fangspiegel hinausreicht. So kann Streulicht direkt in die Feldlinse des Okulars fallen und zu einer Hintergrundaufhellung führen, die den Bildkontrast stark herabsetzt.

Test: Entfernen Sie das Okular aus dem Auszug und fahren Sie diesen so weit wie möglich ein. Alle in diesem Artikel beschriebenen Testverfahren werden am besten bei Tageslicht durchgeführt. Blicken Sie nun in den Okularauszug, und zwar so, dass Ihr Auge an dem zum Hauptspiegel gelegenen Rand des Oku-

Licht, das von hinten zwischen Fernrohrtubus und Hauptspiegel hindurchfällt, ist eine starke Quelle für Streulicht (links). Mit einer ringförmigen Blende lässt sich dieses Problem leicht beseitigen (rechts).

larauszugs entlangschaut. Überprüfen Sie (ohne dabei auf das im Fangspiegel erzeugte Bild zu achten), ob Sie über das vordere Tubusende hinaussehen können. Falls das der Fall sein sollte, haben Sie ein Streulichtproblem. Falls nicht, so hat Ihr Fernrohr den ersten Test bestanden und Sie können gleich zum nächsten Tipp übergehen. Falls doch, lesen Sie hier weiter.

Lösungsweg: Bauen Sie sich eine Verlängerungshülse für das vordere Ende des Fernrohrtubus, die lang genug ist, um das Streulicht vom Okularauszug fernzuhalten.

Sie können die benötigte Länge einfach abschätzen, indem Sie während des Tests ein Lineal an die dem Okularauszug gegenüberliegende Tubuswand halten (siehe Bild links). Bewegen Sie das Lineal so lange in die dem Hauptspiegel entgegengesetzte Richtung, bis Sie die Nullmarkierung gerade noch sehen können. Den entsprechenden Wert für die Verlängerungshülse lesen Sie am oberen Ende des Tubus auf der Linealskala ab.

Das Streulicht können Sie aber auch durch eine halbkreisförmige Blende ausschalten, die jenen Bereich des Himmels abdeckt, der durch den Okularauszug hindurch sichtbar ist (siehe Bild unten). Beide Konstruktionen lassen sich relativ einfach aus schwarzer Pappe oder dünnem schwarzem Kunststoff herstellen und mit Klebeband am Tubus anbringen.

2. Tipp: Das hintere Tubusende

Unerwünschtes Licht, das von vorne in den Fernrohrtubus fällt, ist zwar der Feind Nummer eins beim Kampf gegen Streulicht. Doch gleich dahinter folgt Feind Nummer zwei: Licht, das von hinten zwischen Tubus und Hauptspiegel eindringt. Je nach Bauweise der Hauptspiegelfassung Ihres Teleskops kann dies ein mehr oder weniger großes Problem sein.

Test: Blicken Sie zur Überprüfung wieder durch den eingefahrenen Okularzug und richten Sie Ihre Aufmerksamkeit diesmal auf das vom Fangspiegel reflektierte Bild des Hauptspiegels. Können Sie »hinter« den Hauptspiegel, also über das hintere Ende des Tubus hinausschauen? Wenn ja, dann kann von hier aus eine große Menge Streulicht zum Brennpunkt des Teleskops gelangen – insbesondere dann, wenn Sie in der Nähe von Lichtquellen wie Straßenlaternen beobachten oder das Fernrohr auf einem hellen Untergrund, wie beispielsweise Zement oder Schnee, steht.

Lösungsweg: Der einfachste Weg ist, das hintere Ende des Fernrohrtubus komplett abzudecken. Leider behindert dies die Luftzirkulation Ihres Teleskops und somit auch die Abkühlung des Haupt- >

Bei vielen Newtonspiegeln rührt das stärkste Streulicht daher, dass das vordere Ende des Fernrohrtubus nicht lang genug ist. Eine Verlängerungshülse oder ein Schutzschild kann hier Abhilfe schaffen.

> spiegels auf Umgebungstemperatur. Eine Alternative besteht darin, einen Ring aus Kunststoff zu basteln, der den Bereich zwischen dem äußeren Rand des Hauptspiegels und der Innenwand des Teleskoptubus komplett abdeckt. Eine solche Konstruktion erlaubt einen ausreichenden Luftaustausch, durch den das Fernrohr erst die Grenze seiner Abbildungsqualität erreicht. Da der Blendenring so wenig wie möglich reflektieren soll, ist es hier sinnvoll, sowohl die matteste schwarze Farbe, die Sie finden können, als auch ein Material mit einer möglichst rauen Oberfläche zu verwenden.

Bis jetzt haben wir uns nur mit Streulicht beschäftigt, das einen mehr oder weniger direkten Weg zum Brennpunkt genommen hat. Was aber ist mit anderen Streulichtquellen? Viele Amateurastronomen glauben, ein Anstrich der Innenseite des Fernrohrtubus mit mattschwarzer Farbe sei die wichtigste Maßnahme im Kampf gegen das Streulicht. Tatsächlich aber ist es so, dass ein Großteil der Tubusfläche für das Auftreten von Streulicht gar nicht relevant ist. Teleskope in Gitterrohrbauweise ohne umhüllenden Tubus sind beispielsweise nicht anfälliger für Streulicht als solche mit Tubus. Die Hülle, die die Gitterrohrstäbe umhüllt, trägt zwar dazu bei, Staub und Tau von der Optik fernzuhalten, hat aber meistens keine andere Funktion. Solange das Streulicht den Weg zum Okular nicht findet, stellt von außen einfallendes Licht auch kein nennenswertes Problem dar.

3. Tipp: Am Okularauszug

Auch der dem Okularauszug gegenüberliegende Bereich des Fernrohrtubus kann erhebliche Auswirkungen auf den Bildkontrast haben. Denn dieser kann eine Quelle optischen »Rauschens« sein. Damit verglichen ist die Fläche des Fangspiegels, der das »Signal« vom Hauptspiegel überträgt, relativ klein. Ein geringeres Signal-zu-Rausch-Verhältnis, sichtbar als eine Aufhellung des Himmelshintergrunds und eine Verringerung des Bildkontrasts – ist die Folge.

Test: Blicken Sie durch den Okularauszug und stellen Sie fest, wie groß die Fläche der Tubuswand direkt hinter dem Fangspiegel ist, die sich in Ihrem Blickfeld befindet. Dieser Bereich trägt ebenfalls zur Streulichtrate Ihres Teleskops bei und sollte daher verdunkelt werden.

Lösungsweg: Der Einsatz mattschwarzer Farbe ist ein Weg, um des Problems Herr zu werden. Sie hat in aller Regel ein Reflexionsvermögen von fünf Prozent. Wesentlich besser geeignet ist hier Velourspapier (das ist ein nachträglich mit Woll- oder Kunststofffasern beflocktes Papier), das lediglich ein Prozent des einfallenden Lichts reflektiert. Kleiden Sie den gesamten durch den Okularauszug sichtbaren Bereich der Tubusinnenwand damit aus.

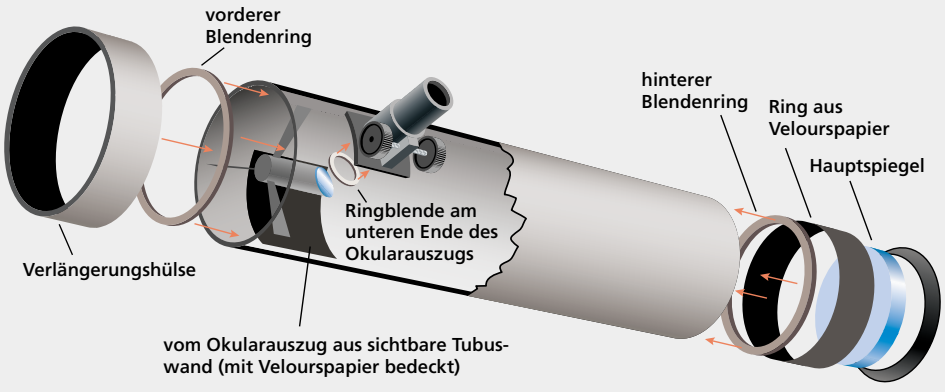
Die Tubuswand gegenüber dem Okularauszug kann eine erhebliche Menge Streulicht verursachen. Schwarze matte Farbe ist hier als Abhilfe zwar nicht schlecht (linkes Bild). Viel effektiver ist es jedoch, dort einen Bogen Velourspapier aufzukleben (rechtes Bild). Geeignetes Velourspapier ist vielerorts erhältlich.

Eine andere Strategie ist es, von vornherein zu verhindern, dass das Licht diesen Bereich erreicht. Ein längerer Fernrohrtubus (siehe auch Lösung zu Tipp 1) wirkt hier Wunder, sorgt er doch dafür, dass diese Region im Schatten liegt. Auch ein schmaler, zirka fünf bis sieben Millimeter breiter Ring am vorderen Ende des Tubus hat einen positiven Effekt. Dieser kann mittels selbstklebender schwarzer Streifen aus Schaumgummi angefertigt werden.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, eine kleine ringförmige Blende am unteren Ende des Okularauszugs anzubringen. Das ist jedoch nur bei ausreichend langen Okularauszügen praktikabel. Sie sind den eher flach gehaltenen Auszügen generell überlegen, wenn es um die Bekämpfung von Streulicht geht. Der einfachste Weg, eine solche Blende anzufertigen, besteht darin, einen Ring auszuschneiden und diesen so lange im Okularauszug nach unten zu schieben, bis man nur noch den Fangspiegel selbst sowie einen kleinen Bereich darum herum sieht. Dabei sollte der Blendenring eher schmal, die Restöffnung des Okularauszugs dagegen eher etwas zu groß bemessen sein. Ansonsten wird ein Teil

Der optimal abgeblendete Newtonspiegel

Ob Sie nun viel oder wenig tun – je mehr Sie unternehmen, um das Streulicht bei Ihrem Teleskop zu reduzieren, desto besser werden Ihre Ergebnisse sein. Selbst wenn Sie nur einige der hier beschriebenen Maßnahmen durchführen, minimieren Sie das Streulicht enorm. Die einfachsten baulichen Veränderungen sind meistens auch die wirksamsten. Das Mindeste, was Sie tun sollten, um die Streulichtanfälligkeit Ihres Newtonspiegels zu verringern, ist, eine Verlängerungshülse am vorderen Tubusende anzubringen sowie eine ringförmige Blende zwischen Hauptspiegelzelle und Tubusinnenwand zu installieren.



S&T / GREGG DINDERMAN

der vom Rand kommenden Strahlen einfach abgeschnitten. Das Resultat wäre ein Bildfeld, das lediglich in seinem Zentrum voll ausgeleuchtet ist.

4. Tipp: Der Hauptspiegel

Auch Licht, das an der Tubuswand in der Nähe des Hauptspiegels hin und her reflektiert wird, ist eine Quelle von Streulicht.

Test: Schauen Sie durch den Okularauszug Ihres Teleskops und studieren Sie das im Fangspiegel reflektierte Bild des hinteren Tubus. Wie groß ist der darin sichtbare Bereich, der den Hauptspiegel umgibt? Wenn das Gesichtsfeld lediglich den Hauptspiegel sowie dessen Zelle zeigt, müssen Sie sich keine weiteren Gedanken machen. Falls der Fangspiegel jedoch so groß ist, dass ein Teil der Tubusinnenwand am Ende des Fernrohrs zu sehen ist – und das ist aller Wahrscheinlichkeit nach der Fall –, so haben Sie eine weitere Streulichtquelle ausfindig gemacht.

Lösungsweg: Auch in diesem Fall bewirkt Velourspapier Wunder. Bringen Sie einfach einen Bogen davon, der groß genug ist, um den besagten Bereich abzudecken, an der Tubusinnenwand nahe dem Hauptspiegel an.

Eine andere Methode besteht darin, eine ringförmige Blende gerade oberhalb des sichtbaren Bereichs der Tubusinnenwand aufzukleben. Sie wirft einen Schatten, der kurz über dem Hauptspiegel auf die Tubuswand trifft. Der Ring darf jedoch nicht zu breit sein (fünf bis sieben Millimeter sollten reichen), da ansonsten der Außenbereich des Hauptspiegels abgeschattet wird oder unerwünschte Luftturbulenzen im Strahlengang entstehen.

5. Tipp: Die Fangspiegelhalterung

Je nachdem, wie die Fangspiegelhalterung Ihres Newtonspiegels beschaffen ist, kann auch hier der Einsatz von Velourspapier sehr sinnvoll sein.

Test: Blicken Sie in den Okularauszug und überprüfen Sie, wie viel dort von der Fangspiegelzelle zu sehen ist. Wenn Sie feststellen, dass Sie direkt auf den teilweise mit Aluminium bedampften, freiliegenden Rand des Glassubstrats blicken, so müssen Sie auch hier tätig werden.

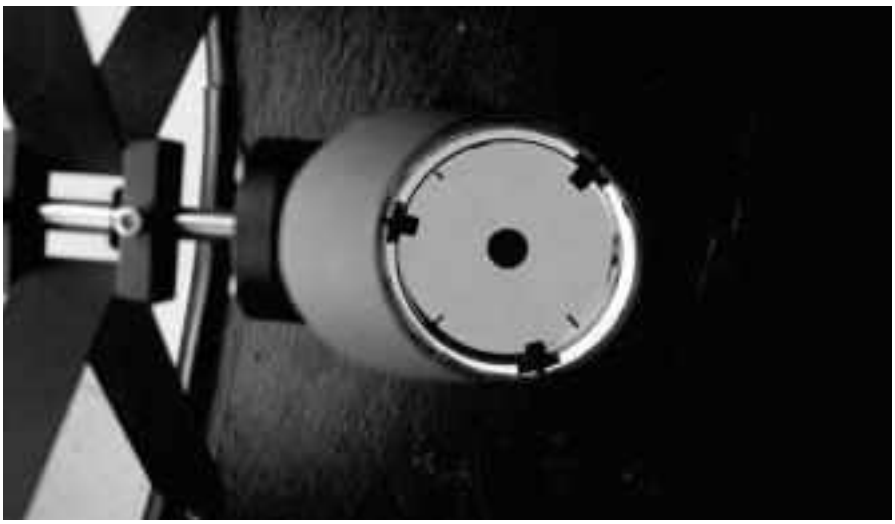
Lösungsweg: Falls es sich um eine derjenigen Spiegelzellen handelt, die den Rand des Fangspiegels vollständig umschließen, kann es hilfreich sein, wieder mit etwas Velourspapier zu arbeiten und die zur Fokussiereinheit weisende Seite der Fangspiegelzelle abzudecken. Ähnlich liegt der Fall, wenn Ihre Halterungsvorrichtung den Rand des Fangspiegels freilässt. Auch hier helfen Velourspapier und etwas mattschwarze Farbe weiter.

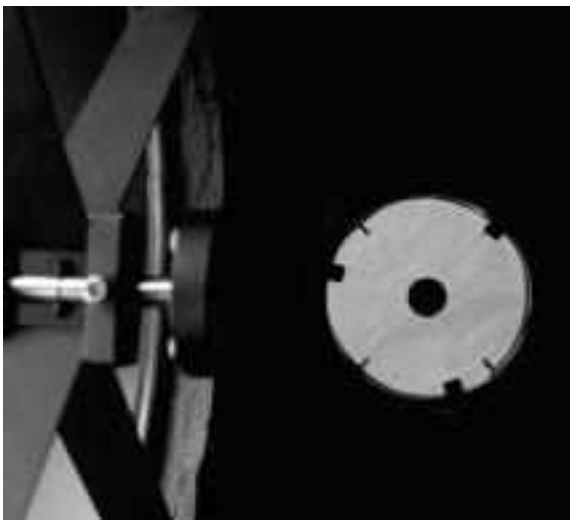
Inzwischen ist der Hinweis »Blicken Sie durch den Okularauszug Ihres Teleskops ...« für Sie sicher zu einem vertrauten Begriff geworden. Er taucht auch deswegen immer wieder auf, weil es beim Thema Streulicht nur darauf ankommt, was man im Okular sieht.

Erreicht das Streulicht die Brennebene des Teleskops nicht, kann man es getrost ignorieren. Auch Licht, das mehrmals an der Tubusinnenwand reflektiert wurde, ist danach so schwach, dass es praktisch keine Rolle mehr spielt. Bei einem geschätzten Reflexionsvermögen mattschwarzer Farbe von etwa fünf Prozent hat Licht, nachdem es zweimal reflektiert wurde, lediglich noch eine Intensität von einem Vierhundertstel seines Ursprungswerts – macht sich also meistens kaum noch bemerkbar.

Wenn Sie alle hier geschilderten Tipps beherzigt haben, dann kann man Sie beglückwünschen! Sie sind nun stolzer Besitzer eines effektiv gegen Streulicht verblendeten Newtonspiegels. Jetzt sind Sie an dem Punkt angekommen, wo Sie aufhören können, sich Gedanken um Streulicht zu machen, und die Beobachtung des Sternhimmels wieder richtig genießen können. <<

Gary Seronik ist begeisterter Teleskopbauer mit einer besonderen Vorliebe für die Optimierung von Newtonspiegeln.

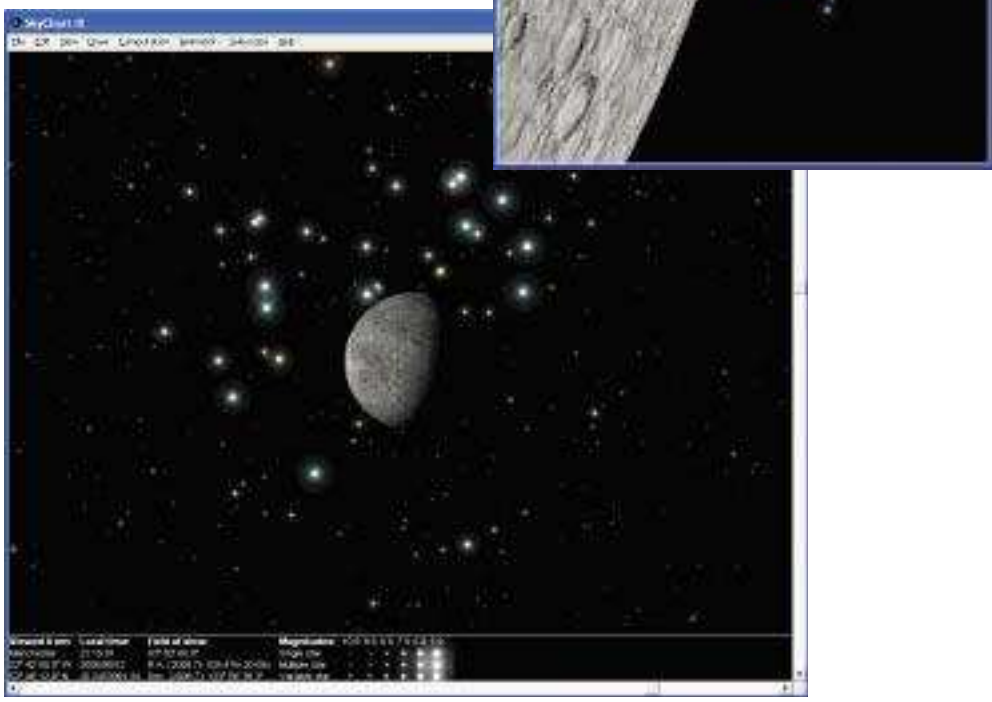




Diese beiden durch den Okularauszug aufgenommenen Fotos zeigen den Zustand vor (links) und nach (rechts) dem Anbringen von Blenden. Deutlich erkennbar ist der Unterschied zwischen einem effektiv mit Blenden nachgerüsteten und einem nicht optimierten Instrument.

Blick zurück von Alpha Centauri

Was für ein schöner Nachthimmel! Das zumindest dachte unser Testredakteur, als die Astronomiesoftware SkyChart III realitätsnahe Bilder von Planeten und Sternen auf seinen Bildschirm zauberte. **>> David Ratledge**



SkyChart III glänzt mit Himmelssimulationen, die als eindrucksvolle Animationen gespeichert werden können. Oben: Der Mond bedeckt die Plejaden am 12. September 2006. Oben rechts: Saturn tritt am 22. Mai 2007 nach einer Bedeckung hinter dem Mond hervor.

Über kaum etwas rege ich mich mehr auf als über Software, von der ständig neue Updates erscheinen. Kaum sind wir unser Geld los, kommt schon die nächste Version heraus, und wir müssen wieder den Geldbeutel zücken – nur um auf dem neuesten Stand zu sein. Klar, Updates gibt's zum Sonderpreis, aber eigentlich kaufen wir jedes Mal nur wegen ein paar zusätzlicher Extras fast die gleiche Software!

SkyChart war mir noch von einem Test in einer 1999er-Ausgabe von Sky & Telescope in Erinnerung. Es war das billigste Programm im Test und hatte schon deshalb mein Interesse geweckt. Damals hieß es SkyChart III, also dachte ich, dass es heute mindestens als SkyChart IX über die Ladentheke geht. Doch damit lag ich ganz schön daneben: Es heißt immer noch SkyChart III und ist gerade mal zehn US-Dollar (etwa zehn Euro) teurer geworden. Dafür, dass sein Hersteller den Kunden nicht nur das Geld aus der Tasche ziehen will, bekommt es von mir schon einmal die volle Punktzahl!

Upgrade mit einer Million Galaxien

Die Entwicklung ist in der Zwischenzeit natürlich nicht stehen geblieben. Ein Upgrade auf die neueste Version 3.6 ist kostenpflichtig (19,95 US-Dollar), während weniger umfangreiche Updates auch schon mal zum kostenlosen Download bereitgestellt werden. Neu in der aktuellen Version sind die Hipparcos- und Tycho-2-Sternkataloge sowie der Hubble »Guide Star Catalog« in der Version 1.3. Positionsfehler und Doppeleinträge von Objekten wurden stark reduziert. Auch Galaxien-Fans wie mich versorgt SkyChart mit den allerneuesten Daten. Die aktuelle Ausgabe des Principal Galaxy Catalog vom Jahr 2002 enthält fast eine Million Sterninseln – genug, um mich für eine Weile zu beschäftigen.

Die Installation unter Windows XP verlief problemlos. Ich musste nur entscheiden, ob ich die Datenbanken auf die Festplatte kopieren oder von der CD aus nutzen wollte. Ersteres benötigt 550 Megabyte Speicherplatz, Letzteres nur 35 Megabyte. Ich habe mich für die erste Variante entschieden, weil sie die Kartendarstellung enorm beschleunigt. Beim Programmstart wird zunächst der Standort eingegeben, die Liste der vorgeschlagenen Städte fällt dabei leider eher klein aus. Doch zur Versöhnung gibt es eine sinnvolle Option zur Einstellung der Rechengenauigkeit. Denn warum soll ich Rechenzeit verschenken, wenn ich die Ergebnisse gar nicht auf die Bogensekunde genau wissen will?

Entgegen dem Namen der Software – er bedeutet »Himmelskarte« – betrachte ich SkyChart vor allem als Planetariumsprogramm und erst danach als Werkzeug für die Erstellung von Karten. Denn als Erstes ging mir durch den Kopf: Wow,

was für ein schöner Himmel! Die ausgezeichnete Darstellung des Firmaments fiel mir bei jedem Programmstart von neuem ins Auge. Es ist beinahe so, als hätte man Fotos des bekannten japanischen Astrofotografen Akira Fujii vor sich (wie sie übrigens auch regelmäßig in unserem Heft zu finden sind). Helle Sterne werden in feinen Farbabstufungen dargestellt, umgeben von einem diffusen Halo, während schwächere Sterne als einfache Punkte erscheinen. Auch die Farbtöne sind der Realität nachempfunden, im Gegensatz zu den häufig anzutreffenden grellbunten Darstellungen. Die Planeten und der Mond bieten ebenfalls wunderschöne Oberflächendetails und tragen zum guten visuellen Gesamteindruck von SkyChart III bei.

Das Programm verfügt über eine leistungsfähige, etwas irreführend als »Find Configuration« bezeichnete Funktion. Wählt man zwei Objekte aus, sucht die Software automatisch nach Konjunktionen und Bedeckungen. So fand ich heraus, wann der Mond den Saturn und die Plejaden bedeckt, und konnte das Ereignis anschließend mithilfe des Befehls »Animation« verfolgen. Volle Punktzahl also auch für die Himmelssimulationen!

Die Sternkarten, die SkyChart ausdruckt, überzeugen mich dagegen nicht so ganz. Nach dem ersten Versuch musste ich erst einmal bei Southern Stars Systems anrufen, denn die Orientierung der Galaxien war falsch dargestellt – der Andromedanebel sieht doch etwas ungewohnt aus, wenn seine große Achse in Ost-West-Richtung zeigt. Zwei Wochen später, in der Version 3.6.1, war diese Macke dann aber bereits behoben.

Häufig drucke ich Sucherkarten aus, denen das Gesichtsfeld eines Okulars oder einer CCD-Kamera überlagert ist. In SkyChart ist das mithilfe der »Telescope Display«-Option möglich (es muss dazu aber kein Teleskop angeschlossen sein). Allerdings lässt sich nur ein einziger Gesichtsfeldausschnitt auswählen. Sollen sich jedoch mehrere Ausschnitte überlappen, wie in Karten für das Star-Hopping, lässt sich das nur mit viel Mühe erreichen.

Die gedruckten Karten sehen recht ordentlich aus. Die am Bildschirm so beeindruckende Sterndarstellung überzeugt im Ausdruck allerdings nicht so ganz. Zur Verbesserung kann man in den Voreinstellungen (»Preferences«) die geglättete Darstellung (Option »Rendered Objects«) komplett abschalten. Leider fehlt die Möglichkeit, für die Ausdrucke eine Überschrift einzugeben sowie einen Maßstab einzeichnen zu lassen. Vielleicht bin ich auch etwas zu pingelig, aber schließlich machen gerade solche Details den entscheidenden Unterschied. Punktabzug also für den Ausdruck von Sternkarten.

Schöne Aussicht auf Kassiopeia

Man sollte allerdings nicht vergessen, dass SkyChart III recht preiswert angeboten wird. Das Programm bietet eine umfassende Ausstattung an Grundfunktionen – viel mehr, als ich hier beschreiben könnte. Auch besitzt es die mittlerweile fast obligatorische Fähigkeit, die Go-to-Teleskope aller großen Hersteller fernzusteuern.

Für Spaß sorgen besonders einige ausgefallene Funktionen, die zum Beispiel Himmelsansichten von anderen Standpunkten als der Erde erlauben. Besonders die Aussicht auf Kassiopeia, von Alpha Centauri aus, hat es mir angetan – dort steht dann ein zusätzlicher Stern: unsere Sonne! Wenn Ihnen Himmelssimulationen wichtiger als gedruckte Karten sind, dann glaube ich, dass SkyChart III Sie nicht enttäuschen wird. <<

S&T-Redakteur **David Ratledge** hat festgestellt, dass Kassiopeia von Alpha Centauri aus besser aussieht. Solange ihn keiner dorthin mitnimmt, finden Sie ihn auf seiner Homepage www.deep-sky.co.uk.

SkyChart III, Version 3.6

Hersteller: Southern Stars Systems, P.O. Box 3792, Saratoga, CA 95070, www.southernstars.com

Preis: 49,95 US-Dollar zzgl. Versand und 16 Prozent Umsatzsteuer

Systemanforderungen: 233 MHz-Prozessor, 128 MB RAM, 35 MB Festplattenspeicher (550 MB, um die gesamte Datenbank zu kopieren), CD-Rom-Laufwerk, Windows 98 oder höher/Mac OS 8.6 bis 9.2 oder Mac OS X

ANZEIGE

Denis Berthier
Sternbeobachtung in der Stadt
Der Himmelsführer für Park, Terrasse und Balkon

Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co.
Stuttgart 2003, 112 S., 14,90 €

Astro-Appetizer für Stadtmenschen

Sterne von der Stadt aus beobachten? Angesichts der lichtdurchfluteten Häuserzeilen wohl ein schier aussichtsloses Unterfangen. Meinen jedenfalls viele und heben ihren Blick erst gar nicht zum nächtlichen Firmament – ohne zu wissen, was sie versäumen.

Gewiss, ein Beobachtungsort außerhalb der Dunst- und Lichtglocken der Ballungsräume wäre vorzuziehen. Doch wer kilometerlange Anfahrten nicht in Kauf nehmen und dennoch den Nachthimmel erkunden möchte, wird auch von der Stadt aus viele schöne Streifzüge unternehmen können. Es kommt nur auf das »Gewusst wie« an.

Der neue Ratgeber aus dem Kosmos-Verlag gibt hier konkrete Tipps. Der Autor – Journalist und passionierter Hobbyastronom – wohnt an einem Ort, der wohl am wenigsten für Himmelsspaziergänge geeignet scheint: in Paris, der Lichterstadt an der Seine. Seit über dreißig Jahren richtet Denis Berthier von hier aus sein Teleskop gen Himmel. Sein Himmelsführer wendet sich gezielt an Astronomie-Einsteiger. In den einzelnen Kapiteln informiert er darüber, was es mit bloßem Auge und einfachen technischen Instrumenten am Firmament zu sehen gibt, wie sich der Himmel im Laufe der Jahreszeiten wandelt, und vor allem, welche Ausrüstung man für die Beobachtung in der Stadt braucht und wie viel sie kostet. Die einzelnen Themen werden jeweils auf zwei oder vier Seiten leicht verständlich vorgestellt. Kleine Infokästen geben mal steckbriefartige Informationen zu Himmelskörpern, mal offerieren sie praktische Tipps (»Trick 17 zur Marsbeobachtung: Verwenden Sie ein Rotfilter, damit treten die Details deutlicher hervor«).

Für den Anfänger durchaus von Nutzen ist ein »Spannungsbarometer«, das anzeigen soll, wie lohnenswert die Beobachtung eines bestimmten Objekts mit dem Teleskop oder dem Fernglas ist: Bei den Planeten führt hier Jupiter, der auf Berthiers Skala mit fünf Teleskopen und vier Ferngläsern bewertet wird. Der bekannte Vierfachstern Epsilon Lyrae im Sternbild Leier ist dagegen ein typisches Feldstecherobjekt – erhält also von Berthier vier Ferngläser und nur ein Teleskop-Symbol.

Abgerundet wird der hübsch illustrierte und gestaltete Band durch ein Glossar, das die wichtigsten Fachausdrücke erläutert, ein Register sowie eine Sammlung nützlicher Adressen und Informationsquellen. All diejenigen, die das schöne Hobby Astronomie bisher noch nicht gepackt hat, werden durch Berthiers Himmelsführer sicherlich Appetit bekommen und – dem Rat des Autors folgend – »einfach loslegen« mit der Sternbeobachtung in der Stadt.

>> Uwe Reichert

Gerald North
Den Mond beobachten
Spektrum Akademischer Verlag,
Heidelberg 2003, 343 S., 39,95 €

Mond-Bibel

Es gibt für Himmelsbeobachter kaum ein dankbareres Objekt als unseren Trabanten, den Mond, vor allem in Zeiten zunehmender Lichtverschmutzung.

Zum Glück gibt es für alle Hobbyastronomen und solche, die es werden wollen, jetzt das umfassendste Handbuch zum Mond auch in deutscher Sprache.

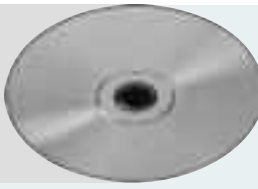
Gerald North hat viel hineingepackt in sein Werk, und insbesondere wenn es um die richtige Ausrüstung, die fotografischen Grundlagen oder die digitale Bearbeitung der Bilder geht, wird es dem angehenden Mondbeobachter in diesem Buch an nichts fehlen.

Andere Abschnitte, etwa über die Entstehung des Mondes oder die Geschichte seiner Erforschung, gehen indes über das eigentliche Ziel des Buches weit hinaus und sind anderswo besser dargestellt.

Was wirklich dafür spricht, dieses Buch zu kaufen, ist jedoch der ausführliche Katalog mit den wichtigsten Mondlandschaften in der zweiten Buchhälfte. Hier gefallen insbesondere die zahlreichen, liebevoll beschrifteten Zeichnungen. Sie machen das Erkennen der großen und kleinen Objekte im Teleskop ungleich einfacher als auf Fotografien und lassen die systematische Erkundung des Mondes vom eigenen Hinterhof oder Garten aus zu einem großen Spaß werden.

>> Joachim Schüring

DVD:
Virtual Atmosphere – Space Edition
digital tainment pool 2003, Laufzeit: 40 Min., 15,99 €



»Space Night« meets Silberscheibe

Wer kennt sie nicht, die kultige »Space Night« des Bayerischen Rundfunks, die mit atemberaubenden Bildern vom und aus dem Weltraum nächtens über die Fernsehbildschirme flimmert.

Jetzt kann man Aufnahmen aus den Nasa-Archiven auch per DVD genießen. Mit »Virtual Atmosphere – Space Edition« bietet dtp digital tainment pool eine DVD, die auf DVD-Player, Sony Playstation 2, Microsoft XBox, Mac, und PC abspielbar und dank der Loop-Funktion sogar als Endlosschleife oder Bildschirmschoner einsetzbar ist.

Peter D. Ward, Donald Brownlee

Unsere einsame Erde

Warum komplexes Leben im Universum unwahrscheinlich ist

Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York 2001, 374 S., 24,95 €

Dem Leben auf der Spur

So mancher Himmelsgucker kommt angesichts eines klaren Sternhimmels ins Grübeln, ob sich in den Weiten des Universums nicht doch irgendwo ein Planet findet, auf dem es – ähnlich wie auf der Erde – intelligentes Leben gibt.

Auch Peter D. Ward, Professor für Geowissenschaften und der Astronomieprofessor Donald Brownlee – beide von der University of Washington in Seattle – stellen sich in ihrem Buch die spannende Frage nach der Existenz von komplexem Leben im All. Und verneinen sie, wie schon der provokante Titel des Buchs vermuten lässt. Mit »Unsere einsame Erde« wagen die beiden Autoren den Versuch, die Erkenntnisse von Astronomen, Geowissenschaftlern und Evolutionsbiologen zusammenzutragen, um auch dem interessierten Laien zu zeigen, wie viele verschiedene Faktoren für die Existenz von Leben notwendig sind.

Ward und Brownlee beginnen ihre Ausführungen mit der Definition bewohnbarer Zonen im Universum. Denn selbst extremophile Mikroorganismen, also solche, die sich in äußerst extremen Umgebungen wohl fühlen, sind auf bestimmte Temperaturen und Energiequellen angewiesen.

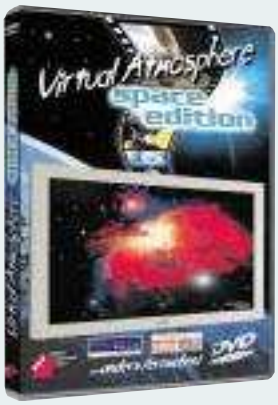
Noch wesentlich enger grenzen die beiden Autoren den Bereich ein, in dem die Entwicklung von mehrzelligen höheren Organismen stattfinden kann. Als Grundbedingungen nennen sie hier etwa eine große, metallreiche Galaxie, einen geeigneten Stern und einen erdähnlichen Planeten, der sich genau auf der richtigen Umlaufbahn bewegt.

Doch zur Entstehung von komplexem Leben gehört mehr als Wasser, Sauerstoff und die richtige Temperatur. So spielt etwa die Nachbarschaft zum Riesenplaneten Jupiter, der vor Asteroiden und Kometen schützt, eine entscheidende Rolle, ebenso wie der Mond, der die Neigung der Erdachse stabilisiert und die Rotationsgeschwindigkeit unseres Heimatplaneten verlangsamt. Detailliert belegen die Autoren ihre Behauptungen anhand der Evolution von Organismen auf der Erde. Darüber hinaus spielen auch Vulkanismus und Plattentektonik für die Existenz und Weiterentwicklung höherer Lebewesen eine nicht unwesentliche Rolle.

Ward und Brownlee geben mit ihrem Buch einen guten Überblick über die verschiedenen Faktoren, die sie als Grundvoraussetzung für die Entstehung von komplexem Leben ansehen. Auf anschauliche Weise bringen sie dem Leser dabei die Ergebnisse unterschiedlicher Forschungsgebiete nahe und zeichnen ein Gesamtbild der modernen Astrobiologie.

Bei aller Präzision und fachlichen Kompetenz gelingt es den beiden Autoren auch noch, eine spannende Geschichte zu erzählen, die sicherlich jeden fesseln wird, der sich mit der Frage nach außerirdischem Leben beschäftigt. Selbst dann, wenn eingefleischten »Star Trek«-Fans die Schlussfolgerung von Ward und Brownlee gar nicht gefallen wird: Denn auch wenn die beiden Wissenschaftler einräumen, dass die Existenz niedriger extraterrestrischer Organismen wahrscheinlicher ist als bisher angenommen, gehen sie doch davon aus, dass unsere Erde in Bezug auf höhere Lebewesen ein äußerst einsamer Planet ist.

>> Stefanie Reinberger



Im Wesentlichen besteht die DVD aus einigen nur wenige Minuten dauernden Clips, die über ein Navigationsmenü gesteuert werden oder nach ein paar Sekunden automatisch starten. Leider verfügt das etwas karge Menü lediglich über zehn Knöpfe, die mit den englischen Namen der Planeten und der Sonne benannt sind. Auch verbirgt sich hinter den zehn Schaltflächen zum Ärger des Nutzers in den meisten Fällen nicht das, was drauf steht. Klickt man auf den obersten Menüknopf »Pluto«, sieht man Fernsehausschnitte über die erste Mondlandung. Bei »Uranus« oder »Venus« wird es völlig abstrus: Der Nutzer stößt hier auf die zwei preisgekrönten 3-D-Animationen »Escape to Waveland« und »Cube Factory«, die definitiv nichts mit dem Rest der DVD zu tun haben. Sie mögen zwar gut gemacht und in anderem Zusammenhang auch ganz ansehnlich sein, doch zwischen Spaceshuttles und Mondbildern sind sie völlig fehl am Platz und wirken eher unfreiwillig komisch.

Die einzigen Menüpunkte, die halten, was sie versprechen, sind »Earth« mit Weltraumfotos unseres Blauen Planeten und »Mars« mit einer durchaus gelungenen Computersimulation von dessen Oberfläche.

Hinter dem vorletzten Menüpunkt »Mercury« verbirgt sich gar die Tonauswahl zwischen Dolby Digital 5.1 und Stereo sowie die Credits der DVD. Die meisten Zuschauer dürften diese Möglichkeit also erst dann entdecken, wenn sie die DVD fast zu Ende gesehen haben. Glücklicherweise verwenden die meisten DVD-Player automatisch das bestmögliche Tonformat.

Der Ton der DVD ist jedenfalls in beiden Varianten beeindruckend klar. So ist es wirklich schade, dass die Musik, die zur Untermalung der Bilder dient, wohl am ehesten unter dem Begriff »Techno« einzuordnen ist. Wenn Sie kein Technofan sind, können die »Sphärenklänge der Extraklasse« ein ziemlich störender Faktor sein. Vor allem dann, wenn Sie die Scheibe – wie auf dem Covertext vorgeschlagen – »bei einer Party oder einem gemütlichen Abend zu zweit« einlegen.

>> Corinna Karow

NEUHEITEN

Diesmal im Fokus: Nebelfilter für die Deep-Sky-Freaks, Okulare für die Sonnenbeobachtung, ein neuer Dobson und das aufwändigste Binokular aller Zeiten. Im nächsten Heft präsentieren wir Ihnen hier die ATT-Neuheiten aus Essen.

Durchblick

Nebelfilter

Nebelfilter sind ein wichtiges Zubehör für die Deep-Sky-Beobachtung. Intercon-Spacetec-Filter bieten hier hervorragende Qualität zu günstigen Preisen. Die Filter bestehen aus einem 0,5 Millimeter dicken Glas hoher optischer Qualität. Die neuartige, beidseitige Beschichtung ist extrem kratzfest. Neben UHC- und O-III-Filtern ist jetzt auch ein H-Beta-Filter im Programm. Preise: 99,– bis 229,– €
www.astro-markt.de

Golden Eye

Cemax-Okulare

Auf Grund großer Kundennachfrage hat sich der Filterspezialist Coronado entschlossen, eine eigene Okularserie auf den Markt zu bringen. Damit soll das Letzte aus den eigenen Filtern herausgeholt werden. Die Okulare wie auch die Barlowlinse sind im Gegensatz zu ihren visuellen Verwandten auf den Bandbereich des H-alpha-Lichts ausgelegt. Optimal für Brillenträger: Der Augenabstand beträgt 20 Millimeter. Drei Okulare plus Barlowlinse kosten 395,– €.
www.apm-telescopes.de

Sternen-Kanone

Photon-V-Dobson-Teleskop

Jetzt gibt es die Photon-V-Reihe (V für Volltubus) von Astrooptik-Meier mit Öffnungen von 10 bis 16 Zoll. Die Werte im Einzelnen: 2 Millimeter Wandstärke, aufwändige Innenbeschichtung, werkzeuglose Justage von Primär- und Sekundärspiegel, höhenverstellbare Füße, ruckelfreie Rockerbox aus Birken-Schichtholz, bis zwei Kilogramm Zuladung möglich. Alle Geräte werden in Handarbeit gefertigt. Lieferzeit acht bis zwölf Wochen. Preis: 2990,– bis 4990,– € www.aom-telescopes.com

Patente Platte

ICS Kameraplatte

Der einfachste und billigste Einstieg in die Astrofotografie besteht darin, eine Kamera auf die Gegengewichtsstange zu montieren und das Teleskop zum Nachführen zu verwenden. Die neu entwickelte Kameraplatte von Intercon Spacetec bietet sich hierfür als äußerst stabile Halterung an. Ihre beiden Messingbacken stellen einen guten Kontakt zur Gegengewichtsstange her und erzeugen mithilfe der großzügig dimensionierten Flügelschraube enorme Haltekräfte. Selbst große und schwere Teleobjektive können so ohne Bedenken montiert werden. Passend für Teleskope der Vixen-GP-Reihe, EQ3 bis EQ6, Giro-Montierung, TAL-2M, Pentax MS-3, Takahashi EM-200 und viele andere. Die ICS-Kameraplatte gibt es sowohl mit Anschlüssen für kleine (1/4") als auch große (3/8") Kameragewinde.
Preis: 70,– bis 77,50 €
www.astro-markt.de

Take Five

Großfeld-Binokular Mark V

Im Juni stellt Baader Planetarium das aufwändigste Binokular der gesamten Firmengeschichte vor: die nunmehr fünfte Auflage des ehemaligen Carl-Zeiss-Großfeld-Binokulars. Die Superlative in Kürze: 7-lagige Mehrschicht-Entspiegelung auf allen Glas-Luft-Flächen, Hochleistungs-strahlteiler mit dielektrischer Teilerschicht, Okularklemmen ohne Feststellschrauben und vieles mehr.
Preis: 975,– €
www.baader-planetarium.de

Virtuelle Volkssternwarten

In Observatorien können sich Besucher direkt am Fernrohr informieren. Doch welche Sternwarten bieten ihr Knowhow auch im Internet an?

>> Oliver Dreissigacker

astronomie.at **führt Surfer auf die Webseiten der Sternwarte Gahberg. Eine Tickerleiste, ein Aktuellfeld und ein interaktiver Kalender informieren Besucher auf einen Blick.**

Die Seiten der Sternwarte Überlingen hatten wir Ihnen schon in der März/April-Ausgabe vorgestellt: Hier erfahren Sie neben dem julianischen Datum auch die Sternzeit für Ihren Standort und bekommen die aktuelle Mondphase angezeigt. Der Astronomische Arbeitskreis Salzkammergut geht einen anderen Weg und bietet unter der generischen Domain astronomie.at einen interaktiven Kalender. Dieser zeigt für den gewählten Monat die Phasen unseres Trabanten an, aber auch weitere astronomische Highlights wie den Merkurtransit oder das Perseidenmaximum. Natürlich fehlen auch die nächsten Termine für Führungen nicht.

Besonders hervorzuheben ist auch der Menüpunkt »Meteore«, der auf rund zehn Seiten ausführlich beschreibt, was Sternschnuppen, Meteoroide und Meteorite sind, wann sie beobachtet werden können und welche Ausrüstung sich dafür eignet.

Auf die allgemeinen astronomischen Beobachtungsmethoden geht der Verein Antares an der Niederösterreichischen Volkssternwarte ein. Auf turbo.at/antares kann man in den Unterpunkten des »Glossars« die wichtigsten, nach Themen sortierten »Fachbegriffe« zu Teleskopen, Montierungen und Zubehör nachlesen oder sich im alphabetischen »Wortindex« eine Kurzbeschreibung anzeigen lassen.

Ausgesprochene »Praxis«-Tipps bietet die Sternwarte Höfingen unter der Adresse sternwarte.tk. Lassen Sie sich von der URL nicht irreführen, Höfingen liegt nicht in der Südsee auf einem der Atolle von Tokelau, sondern in der Nähe von Stuttgart. Auf den Webseiten finden Sie auch eine »Astro-Einführung«, die mit über dreißig Einträgen an manchen Volkshochschulkurs heranreicht. Allerdings darf der Leser keine Angst vor physikalischen Formeln haben.

Gleiches gilt für die Referate, die Mitglieder der Astronomie-AG des Käthe-Kollwitz-Gymnasiums in Wilhelmshaven im Netz abgelegt haben. Leider liegen die letzten Änderungen schon etwas zurück – ob die alle im Abiturstress stecken? Der Gültigkeit der in sich gut verlinkten »Fachbegriffe«-Seite tut dies natürlich keinen Abbruch.

Speziell »für Kids« gemacht sind dagegen die Infoseiten der bayerischen Volkssternwarte Neumarkt in der Oberpfalz, unweit von Nürnberg. Viele Anfängerfragen werden mit witzigen Cartoons geklärt: ob Sterne tatsächlich Zacken haben, wo und wie man Planeten findet, was Galaxien sind und ob man mit einer Rakete hinfliegen kann.

Solchen und ähnlichen Fragen widmet sich auch eine Profiseite: Die Astronomen der Uni Basel haben eine nach Themen sortierte Liste der rund achtzig meistgestellten Fragen und Antworten zusammengestellt. <<

Sternwarten **von Vereinen, Schulen oder Privatleuten mögen weit von Ihrem Wohnort entfernt sein oder gleich um die Ecke – im Internet sind sie immer nur wenige Mausklicks entfernt. Bei einigen von ihnen lohnt sich ausgiebiges Verweilen, bei anderen ein regelmäßiger Kurzbesuch.**

Oliver Dreissigacker ist Redakteur bei ASTRONOMIE HEUTE und kennt die Vor- und Nachteile vieler Browser aus dem praktischen Gebrauch.

www.sternwarte-ueberlingen.de • http://sternwarte.tk
www.astronomie.at • http://turbo.at/antares
www.whv.shuttle.de/whv/kaethekollwitz/astro/
www.sternwarte-neumarkt.de/html/fur_kids.html
www.astro.unibas.ch/~wenger/Fragen.shtml

Überraschung an der Himmelskuppel

Hin und wieder wandelt sich der sternübersäte Nachthimmel. Meist tut er dies auf vorhersagbare Art und Weise, manchmal sorgt er aber auch für verblüffende Entdeckungen.

>> E. C. Krupp

Die Sternkarte in der Mitte unseres Hefts reicht nicht im Mindesten an den Anblick des nächtlichen Sternhimmels heran, sie ist nicht einmal eine besonders realistische Abbildung des Originals. Doch immerhin zeigt sie uns, was wir am Himmelszelt entdecken können, wenn nur endlich die Nacht kommt. Wer sie benutzt, wird vom zufälligen Zuschauer, der im blinkenden Durcheinander schnell den Überblick verliert, zum aufmerksamen Augenzeugen der Geschehnisse in der Himmelskuppel.

Zuweilen aber zeigt selbst eine Sternkarte mehr, als tatsächlich am Himmel zu sehen ist, zum Beispiel den Stern Mira am Hals des Walfischs (»Cetus«). Er ist in unserer kleinen Übersichtskarte (rechts) zwar korrekt eingezeichnet, doch seine Helligkeit schwankt so stark, dass er unserem Auge oft entgeht. Elf Monate dauert Miras Zyklus von einem Helligkeitsmaximum zum nächsten. Zuletzt leuchtete der Stern im August 2002 mit voller Kraft und etwa 3. Größe. Zeitweilig aber fällt seine scheinbare Helligkeit bis auf 9. Größe ab – weit schwächer als das, was das unbewehrte Auge erkennen kann. Manches Mal werden Sie also nur Dunkelheit vorfinden, wo Sie nach einem Blick auf unsere Karte eigentlich einen Stern erwarten. Doch im Juli 2003 kann nichts schief gehen: Um den Anfang des Monats herum – genauer lässt sich das Datum des Maximums nicht angeben – strahlt Mira zwei Wochen lang so hell sie kann.

Rückkehr an den Himmel

Anders als die meisten Sterne auf der Karte wird Mira, auch Omikron Ceti (o Cet) genannt, mit einem offenen Kreis markiert, um damit seine Veränderlichkeit anzuzeigen. Sie ist auffälliger als die anderer Veränderlicher wie Delta Cephei (δ Cep) oder Beta Persei (β Per), Algol genannt – wohl aus diesem Grunde ist Mira auch der erste veränderliche Stern mit fester Periode, der je entdeckt wurde. David Fabricius, ein niederländischer Geistlicher und Astronom, fand ihn im August 1596, als er gerade seine maximale Leuchtkraft erreicht hatte, und beobachtete sein allmähliches Verschwinden im Oktober. Allerdings betrachtete er das Auftreten des Sterns als einmaliges Ereignis.

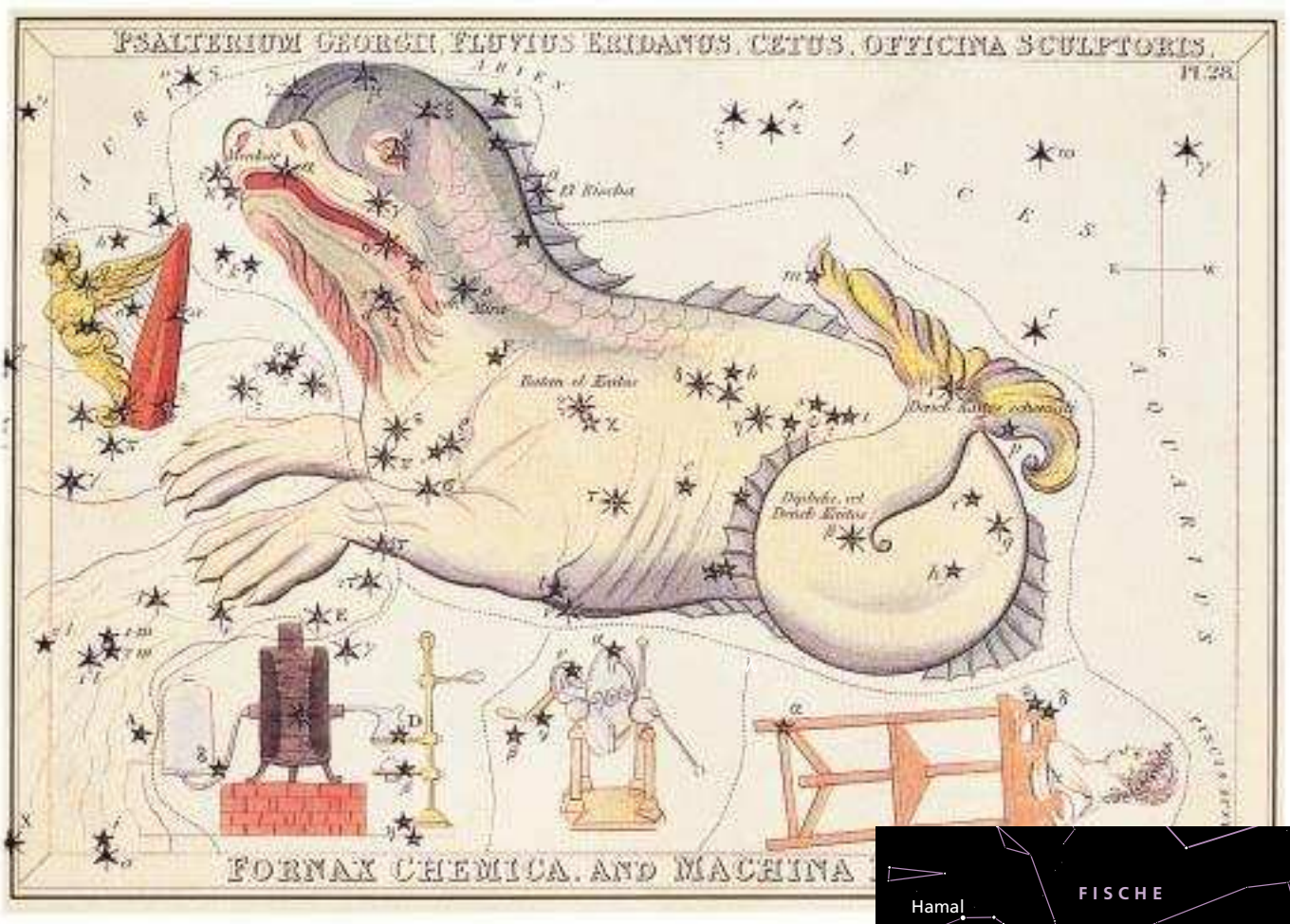
Als Nächstes war es wohl Johann Bayer, dem Mira auffiel, als er wieder am Nachthimmel stand. Allerdings erkannte auch er seine Veränderlichkeit nicht. 1603 trug er ihn routinemäßig in seinen Himmelsatlas »Uranometria« ein und versah ihn mit dem griechischen Buchstaben Omikron. Später, im Jahr 1638, erkannte der Niederländer Johann P. Holwarda sein zyklisches Verhalten, und 1667 be-

Brahes Supernova von 1572 an Kassiopeias Thron (Pfeil). Die Karte aus Hevelius' »Firmamentum sobiescianum« zeigt die Himmelskugel, als sähen wir sie von außen.

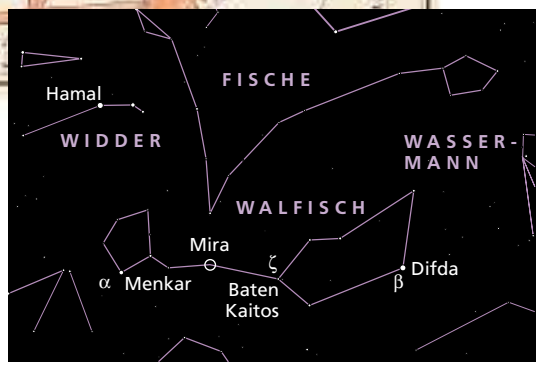
OWEN GINGERICH (HARVARD UNIVERSITY)

GLOSSAR

Parallaxe: Ein Himmelskörper erscheint um einen bestimmten Winkel, die Parallaxe, verschoben, wenn der Beobachter die Position wechselt – ähnlich, wie sich Ihre ausgestreckte Hand vor einem Hintergrund zu verschieben scheint, wenn Sie den Kopf erst nach links, dann nach rechts neigen. Die Verschiebung eines Sterns wird in Bezug auf die Position anderer Sterne gemessen, die keine Verschiebung aufweisen. Aus der Parallaxe lässt sich dann die Entfernung des Objekts errechnen. Die höchste Genauigkeit erreicht, wer zwei Messungen im Abstand von sechs Monaten vornimmt. Dann hat die Erde einen halben Umlauf um die Sonne geschafft und die Positionsänderung des Beobachters ist am größten.



»THE BOX OF STARS« VON CATHERINE TENNANT (1993)



»Mira«, die Wundervolle am Hals des Seeungeheuers, wie man das Sternbild Walfisch früher auch nannte. In Samuel Leighs »Urania's Mirror« von 1825 ist der Stern schon als Veränderlicher eingetragen.

stimmte der Franzose Ismaël Boulliau die Länge seines Zyklus recht genau.

Miras unbeständiges Wesen lenkte die Aufmerksamkeit vieler Astronomen des 17. Jahrhunderts auf sich. Auch Johannes Hevelius beobachtete ihn in Danzig und verfasste eine Monografie über sein ungewöhnliches Verhalten. Er war es schließlich, der ihm seinen schönen lateinischen Namen gab: »Mira«, die Wunderbare.

Manch andere Himmelsphänomene sorgen indes für noch größere Verblüffung: etwa bei Tycho Brahe, der am 11. November 1572 zum Sternbild Kassiopeia hinaufblickte und völlig unerwartet einen neuen hellen Stern entdeckte, an einem Ort, wo nie zuvor ein Stern gesehen wurde. Er glaubte, seinen Augen nicht trauen zu können, und bat sogar Passanten auf der Straße um eine Bestätigung seiner Beobachtung. Konnte es tatsächlich Veränderungen in den damals als unveränderlich betrachteten Himmelssphären des Aristoteles geben? Um dies herauszufinden, vermaß Brahe die Position des Sterns, konnte aber keine Parallaxe (siehe Glossar links) feststellen. Diese Entdeckung eröffnete eine völlig neue Perspektive auf den Kosmos: Die »nova«, der neue Stern, musste weiter entfernt sein als die Planeten unseres Sonnensystems und sich bei den nun nicht mehr so unwandelbaren Sternen befinden.

Mittlerweile hat man ihn als Supernova identifiziert, als sterbenden Stern, dessen Leben in einer gigantischen Explosion endete. Brahes Fund in der Kassiopeia verblasste zwar bald, eine Zeit lang veränderte er jedoch auf überraschende Weise die Himmelslandschaft.

Eine ähnliche Veränderung des vertrauten Firmaments ereignete sich am 29. August 1975. Damals tauchte plötzlich ein Stern im Schwan (»Cygnus«) auf und gehörte mit 1,8ter Größe vorübergehend zu dessen hellsten Federn. Dieses Ereignis, als »Nova Cygni« bekannt, ging zwar weniger katastrophal aus, als dies bei einer Supernova der Fall gewesen wäre: Der Stern schleuderte lediglich seine äußere Gashülle in den Raum. Dank seiner Nähe zur Erde erschien aber auch er hell genug, um das Sternbild in anderem Licht escheinen zu lasssen.

Spektakuläres und Unerwartetes bot vor einiger Zeit auch der südliche Sternhimmel. Die erste Supernova seit 383 Jahren, die mit bloßem Auge sichtbar war, ließ im Februar 1987 einen Stern vierter Größe in der Großen Magellan'schen Wolke erstrahlen, einer Satellitengalaxie des Milchstraßensystems. Zwar erschien die Supernova 1987A nie so hell wie die Nova Cygni oder Mira auf der Höhe ihrer Leuchtkraft. Doch auch sie zog den Blick vieler Astronomen auf sich. Am 23. Februar vor Sonnenaufgang machte der kanadische Astronom Ian Shelton am Las-Campanas-Observatorium im Norden Chiles eine Routineaufnahme der Großen Magellan'schen Wolke. Als er die Fotoplatte entwickelt hatte, bemerkte er einen hellen Fleck, wo keiner sein durfte. Er >

> ging hinaus, schaute nach oben und erspähte den »neuen« Stern in unserer Nachbargalaxie.

Solche Novae und Supernovae sind vergänglich und nach ihrem Verschwinden finden die Konstellationen wieder zu ihrer alten Gestalt zurück. Doch es gibt auch bleibende Veränderungen, wenn nämlich helle bekannte Sterne, an die wir uns im Verlauf unseres Lebens gewöhnt haben, ihr vertrautes Erscheinungsbild aufgeben. Ein solche Sensation ereignete sich im Skorpion (»Scorpius«). Dort springt uns Dschubba ins Auge, auch Delta Scorpii genannt, dessen Helligkeit im Verlauf der letzten drei Jahre um fast eine dreiviertel Größe anstieg. Das Trio, das er gemeinsam mit dem nördlich gelegenen Beta Scorpii (β Sco) und Pi Scorpii (π Sco) in südlicher Richtung bildet, erschien uns bislang als Formation mehr oder weniger vergleichbarer Sterne. Zurzeit aber scheint Delta von einem deutlich blasseren Duo flankiert zu sein. Selbst sein heller Rivale Lambda Scorpii (λ Sco), der den Stachel des Skorpions markiert, wirkt nun weniger bedrohlich.

»THE BOX OF STARS« VON CATHERINE TENNANT (1993)

Ab dem Jahr 2000 begann δ Scorpii, seine Nachbarn β Scorpii und π Scorpii zu überstrahlen (unten rechts ein aktuelles Foto, unten links eines, das vor einigen Jahren gemacht wurde). Bislang waren die Helligkeiten dieser drei Sterne im Kopf des Skorpions und auf dessen rechter Zange (links) nahezu vergleichbar. – Neben solchen dauerhaften Veränderungen eines Sternbilds sind es regelmäßig auch helle Planeten, die eine vertraute Konstellation in neuem Licht erscheinen lassen, wie etwa Mars, der sich im Jahr 2001 Antares (α Scorpii) näherte (rechtes Bild).

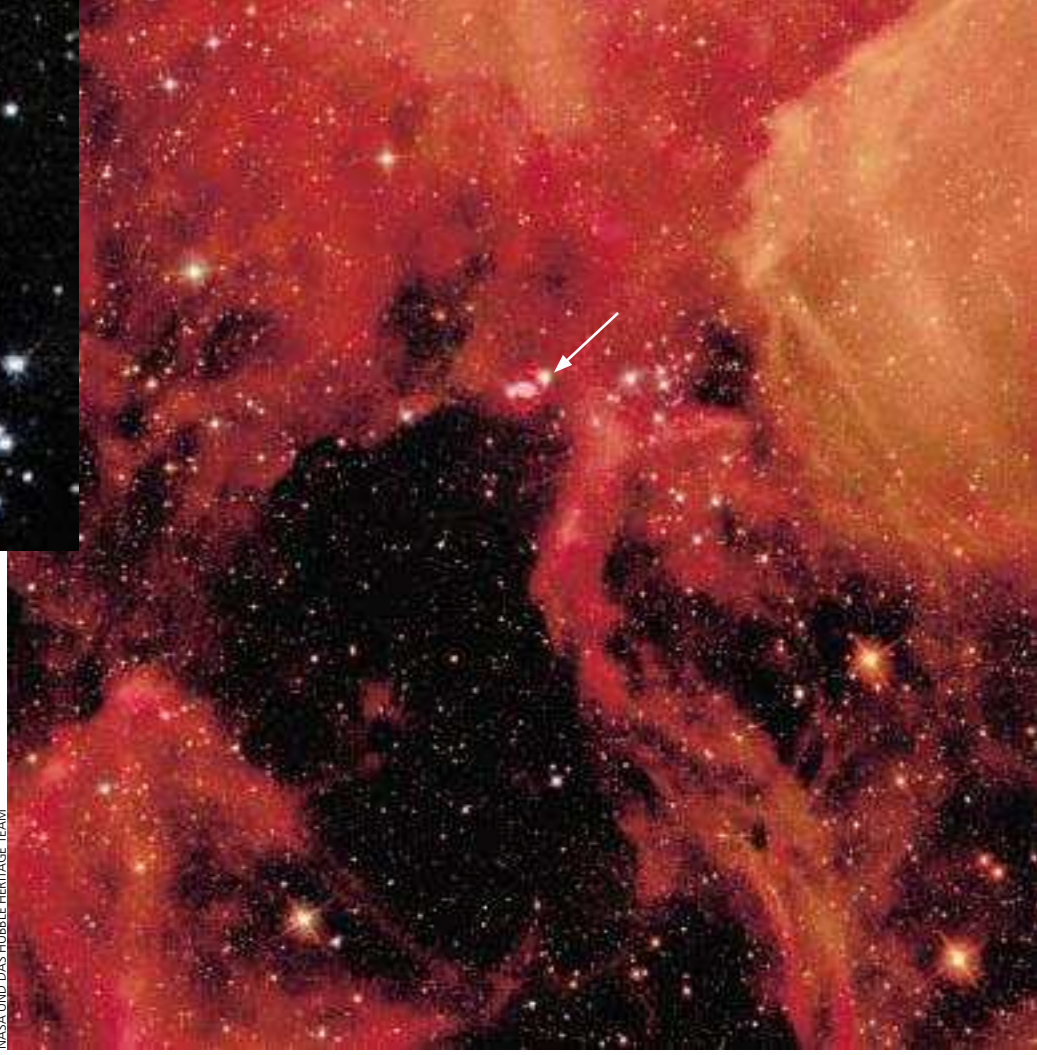
Strahlender Dschubba

Dass Delta, der normalerweise eine Größe von 2,3 hat, seine Helligkeit auf 1,9te Größe gesteigert hatte, erfuhr ich im Oktober 2000 aus Sky & Telescope. Aufmerksamen Himmelsbeobachtern, so behauptete S&T, müsste dies auffallen. Für mich aber sah der Skorpion so aus wie immer. Im April 2001 berichtete S&T dann über einen weiteren leichten Anstieg seiner Helligkeit auf 1,8te Größe. Ich bemerkte immer noch nichts, obwohl ich während des ganzen Sommers zum Skorpion schaute. Wahrscheinlich habe ich Mars zu viel Aufmerksamkeit geschenkt, der in Begleitung seines Rivalen Antares (»Gegenmars«) am Himmel erschien.

Schließlich, im Mai 2002, verkündete S&T: »Delta Scorpii wird heller als je zuvor«. Schon im Februar hatte der Stern 1,6te Größe erreicht. Mitte April sah ich

AKIRA FUJII

ESA



NASA UND DAS HUBBLE HERITAGE TEAM

Die Supernova 1987A (rechts) erschien am Himmel, als ein 15 Sonnenmassen schwerer blauer Überriese in der Großen Magellan'schen Wolke explodierte. Die asymmetrischen Gasringe (Detailfoto) stammen aus Teilchenwinden unterschiedlicher Geschwindigkeiten, die vor der Explosion ausgestoßen wurden.

es endlich auch und war sprachlos: Das Sternbild Skorpion, das mir ein Leben lang vertraut war, hatte sich verändert und mit ihm der Himmel, an dem seine Scheren klapperten.

Um zu verstehen, was mit Delta Scorpii passiert ist, werden derzeit jede Menge Anstrengungen unternommen. Spektroskopische Beobachtungen lassen vermuten, dass die schnelle Rotation des Sterns zum Ausstoß einer Gasscheibe geführt hat. Da Delta Scorpii ein Doppelstern ist, wurde dieser Vorgang möglicherweise durch die Passage des zweiten Sterns in nächster Nähe ausgelöst.

Und so offenbart sich die Verwandlung des Skorpions nicht nur als veränderte Erscheinung am Himmel, sondern reicht viel tiefer. Meist nämlich bedarf es kosmischer Zeiträume, um die Geschichte eines Sterns zu verfolgen. Delta Scorpii jedoch schenkt uns die Gelegenheit, wie übrigens auch »Sakurais Objekt« (siehe S. 36), während eines einzigen Menschenlebens an einem Teil seiner Entwicklung teilhaben zu lassen. <<

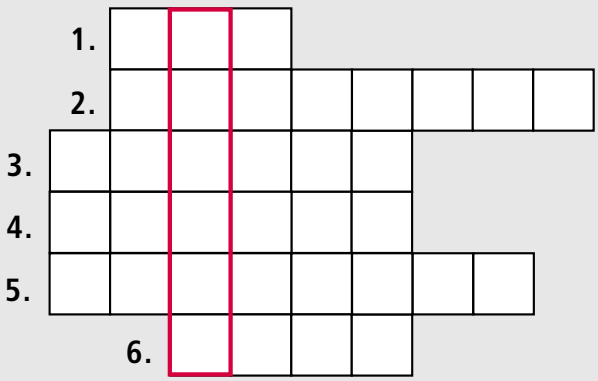
Auch in der nächsten Umgebung von **E. C. Krupp** ist nichts, wie es war. Der Direktor des Griffith Observatory in Los Angeles arbeitet derzeit in einer Außenstelle, weil die Hauptgebäude drei Jahre lang renoviert werden.

ANZEIGE

ANZEIGE

PREISRÄTSEL

Gewinnen Sie mit ASTRONOMIE HEUTE!



1. Kürzel für apochromatische Teleskope
2. Frank Drake dachte, aus diesem Sternbild (lat. Name) außerirdische Funksignale empfangen zu haben
3. Lichtquant der elektromagnetischen Strahlung
4. Fachbegriff für »Sternschnuppe«
5. Südlichstes Sternbild im Tierkreis
6. »Neuer Stern«, veränderliches Himmelsobjekt

1. Preis: Fujinon FMT-SX. Hochauflösendes 10 x 50-Fernglas im Wert von 598 €. Es ist 1,4 Kilogramm schwer und lässt sich dank der kompakten Abmessungen lange aus der freien Hand halten (siehe »Neuheiten« in AH Mai/Juni 2003, S. 66). Mit freundlicher Unterstützung von Fujinon.

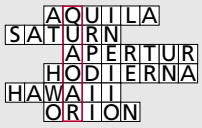
2. Preis: »The Sky – Astronomie PC Planetarium«. Vollversion auf CD-ROM im Wert von 125 €, deutsche Version 5D. Ihr Sternhimmel von 4713 v. Chr. bis zum Jahr 10 000. Für PCs ab Windows 95. Mit freundlicher Unterstützung von Intercon Spacetec.

3. – 5. Preis: »Unsere einsame Erde – Warum komplexes Leben im Universum unwahrscheinlich ist«, im Wert von 24,95 € (siehe Rezension, S. 89). Mit freundlicher Unterstützung des Springer-Verlags.

Bitte schicken Sie das rot umrandete Lösungswort per E-Mail an preisraetsel@astronomie-heute.de oder auf einer Postkarte an Spektrum der Wissenschaft, Stichwort ASTRONOMIE HEUTE 3/2003, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg. Einsendeschluss: 18.7.2003. Bei mehreren richtigen Lösungen entscheidet das Los. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.

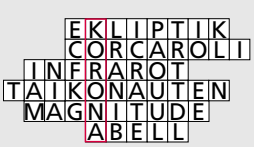
ANZEIGE

Gewinner der letzten Preisrätsel:



Quaoar: Neuentdeckter Eisbrocken aus dem Kuiper-Gürtel (s. AH März/April 2003, S. 11)

Das Preisrätsel aus AH März/April 2003 haben gewonnen: Volker Naundorf/Netphen (Teleskop), Marcel Wietor/Luxemburg (Filter), Frank Berger/Klipphausen, Ingo A. Eckern/Köln-Deutz, Georg Duve/Hamburg (»Schweif des Kometen«)



Korona: Äußerste Atmosphärenschicht der Sonne (siehe AH Mai/Juni 2003, S. 32)

Das Preisrätsel aus AH Mai/Juni 2003 haben gewonnen: Gerd Pagel/Reutlingen (Astrolabium), Horst Domogalski/Potsdam (»Geheimnisvolles Universum«), Uwe Böhnke/Hannover (Filter).

Als Teilnehmer zu unserer Launch-Party wurden ausgelost: Frank Berger/Klipphausen und Barbara Huebscher/Köln.

ASTRONOMIE HEUTE-Abonnenten können private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen pro Ausgabe kostenlos schalten. Geben Sie bitte bei Einsendung von Kleinanzeigen stets Ihre Kundennummer an. Diese entnehmen Sie Ihrer Abonnementrechnung oder dem Adressträgerblatt. Bitte beachten Sie: Ist der verfügbare Platz in einer Ausgabe vergeben, behält sich die Redaktion das Recht vor, später eintreffende Anzeigen in die nächstverfügbare Ausgabe zu verschieben.

Für Nicht-Abonnenten gelten folgende Preise für Kleinanzeigen:

Anzahl Zeilen	**privat**	**gewerblich**
bis zu drei Zeilen	22,– €	45,– €
jede weitere Zeile	5,– €	8,– €

Eine Zeile enthält durchschnittlich fünfzig Zeichen. Alle Preise zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer. Die Grundgebühr pro Anzeige ist bereits eingerechnet. Gleichzeitig erhalten Sie einen Eintrag in unserer Online-Kleinanzeigendatenbank für die Verkaufsdauer der jeweiligen Print-Ausgabe.

Bitte senden Sie Ihre Kleinanzeige an:
Spektrum der Wissenschaft,
Redaktion ASTRONOMIE HEUTE
Slevogtstr. 3–5
D-69126 Heidelberg
Fax: (06221) 9126-769
E-Mail: kleinanzeigen@astronomie-heute.de.
Einsendeschluss: Sechs Wochen vor Erscheinen des Hefts.

VORSCHAU

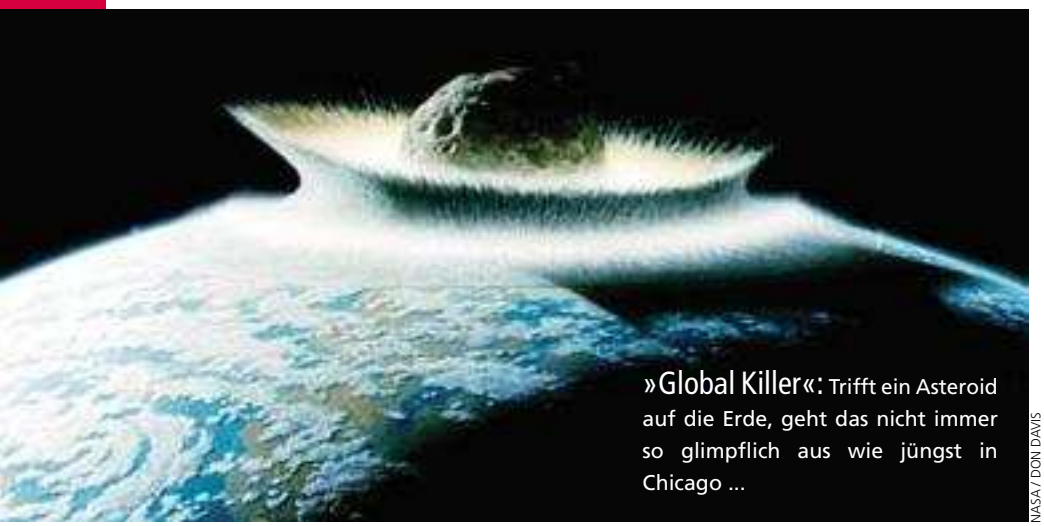
Nächstes Heft ab 14. August 2003

DON DIXON

Supernovae vom Typ Ia sind für Astronomen ein idealer Entfernungsmesser. Aber was genau verbirgt sich hinter den gewaltigen Explosionen in den Weiten des Kosmos?

CRAIG MICHAEL UTTER

Die Paramount ME von Software Bisque ist der fernsteuerbare Rolls-Royce unter den Montierungen. Wer jedoch den Kauf für 12 500 Euro scheut, für den bieten wir ersatzweise einen Bauplan für eine einfache Sperrholzmontierung



»Global Killer«: Trifft ein Asteroid auf die Erde, geht das nicht immer so glimpflich aus wie jüngst in Chicago ...

NASA / DON DAVIS

MIT FREUNDLICHER GENEHMIGUNG VON DANIEL GLAVIN

Nach Meteoriten vom Mars sucht der Physiker Daniel Glavin vom Max-Planck-Institut für Chemie (Mainz) in der Antarktis

IMPRESSUM

Chefredakteur: Dr. habil. Reinhard Breuer (v.i.S.d.P.)

Redaktion: Dr. Oliver Dreissigacker (dre), Stephan Fichtner (sf)

Ständige Mitarbeit: Thilo Körkel (tk)

Artdirector/Layout: Karsten Kramarczik

Produktentwicklung: Dr. Carsten Könneker

Schlussredaktion: Christina Peiberg, Sigrid Spies

Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Gabriela Rabe

Redaktionsassistenz: Eva Kahlmann, Ursula Wessels

Cartoons: Sidney Harris

Redaktionsanschrift: Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg, Tel.: (06221) 9126-711; Fax: (06221) 9126-769; E-Mail: ah@spektrum.com

Übersetzungen/Mitarbeit in diesem Heft: Dr. Matthias Hünsch, Corinna Karow, Dr. Rainer Kayser, Susanne Lindauer, Dr. Stefanie Reinberger, Dr. Rainer Riemann, Peter Strub, Michael Vogel, Bernd Weisheit, Ralph Wondraschek.

Herstellung: Natalie Schäfer, Tel.: (06221) 9126-733

Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel.: (06221) 9126-741; E-Mail: marketing@spektrum.com

Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel. (06221) 9126-744

Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg

Hausanschrift: Slevogtstraße 3–5, D-69126 Heidelberg, Tel.: (06221) 9126-600, Fax: (06221) 9126-729

Geschäftsleitung: Dean Sanderson, Markus Bossle

Leser-Service: Tel.: (06221) 9126-743; E-Mail: marketing@spektrum.com

Vertrieb und Abonnementverwaltung: Spektrum der Wissenschaft, Boschstraße 12, D-69469 Weinheim, Tel.: (06201) 6061-50, Fax: (06201) 6061-94

Bezugspreise: Einzelheft: € 6,50, Jahresabonnement Inland (6 Ausgaben): € 34,80, Jahresabonnement Ausland: € 37,80, Jahresabonnement Studenten Inland (gegen Studiennachweis): € 30,00, Jahresabonnement Studenten Ausland (gegen Studiennachweis): € 33,00. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konten: Deutsche Bank, Weinheim, 58 36 43 202 (BLZ 670 700 10); Postbank Karlsruhe 13 34 72 759 (BLZ 660 100 75). Die Mitglieder der Vereinigung der Sternfreunde e.V. (VdS) erhalten ASTRONOMIE HEUTE zum gesonderten Mitgliedsbezugspreis.

Anzeigen/Druckunterlagen: VMS Limperg Verlags- & MedienService, Sudetenstraße 16, D-63486 Bruchköbel; Tel.: (06181) 729-04; Fax: (06181) 729-84; E-Mail: f.limperg@limperg.de

Anzeigenpreise: Zurzeit gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 1 vom Dezember 2002.

Gesamtherstellung: Westermann Druck GmbH, D-38104 Braunschweig

© Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, D-69126 Heidelberg.

Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlags reproduziert oder in eine von Datenverarbeitungsmaschinen verwendbare Form oder Sprache übertragen oder übersetzt werden. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 1610-8728

http://www.astronomie-heute.de

Sky & Telescope
Sky Publishing Corporation,
49 Bay State Road, Cambridge, MA 02138-1200
President/Publisher: Susan B. Lit
Editor in Chief: Richard Tresch Fienberg, Ph.D.
Marketing Director: Marcy L. Dill

Die Übersichts- und Ausschnittssternkarten von ASTRONOMIE HEUTE wurden mit Software und Designelementen von Roger W. Sinnott und Steven Simpson erstellt.

Wir übernehmen keine Haftung für die Inhalte externer Webseiten. Für den Inhalt der angegebenen Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.